

---

# Multimeter 3458A

# Hinweise

## Copyright

© Keysight Technologies 1988-2023  
Kein Teil dieses Handbuchs darf in irgendwelcher Form oder mit irgendwelchen Mitteln (einschließlich Speicherung und Abruf auf elektronischem Wege sowie Übersetzung in eine fremde Sprache) ohne vorherige Zustimmung und schriftliche Einwilligung von Keysight Technologies gemäß der Urheberrechtsgesetzgebung in den USA und international reproduziert werden.

## Handbuchteilenummer

03458-90511

## Ausgabe

Ausgabe 10, März 2023

## Gedruckt in:

Gedruckt in Malaysia

## Veröffentlicht von:

Keysight Technologies  
Bayan Lepas Free Industrial Zone,  
11900 Penang, Malaysia

## Technologielizenzen

Die in diesem Dokument beschriebene Hardware und/oder Software wird unter einer Lizenz geliefert und darf nur entsprechend den Lizenzbedingungen genutzt oder kopiert werden.

## Konformitätserklärung

Die Konformitätserklärungen für dieses Produkt und andere Keysight Produkte können im Internet heruntergeladen werden. Gehen Sie zu <http://www.keysight.com/go/conformity>. Dann können Sie mithilfe der Produktnummer die aktuelle Konformitätserklärung suchen.

## U.S. Government Rights (eingeschränkte Rechte der US-Regierung)

Die Software ist „kommerzielle Computersoftware“ gemäß Definition in der Federal Acquisition Regulation („FAR“) 2.101. Gemäß FAR 12.212 und 27.405-3 sowie Department of Defense FAR Supplement („DFARS“) 227.7202 erwirbt die US-Regierung kommerzielle Computersoftware unter denselben Bedingungen, unter denen die Software üblicherweise öffentlich verkauft wird. Demzufolge stellt Keysight die Software US-Regierungskunden mit einer standardmäßigen kommerziellen Lizenz zur Verfügung, die in der Endbenutzerlizenzzvereinbarung (EULA) beschrieben ist, deren Kopie Sie unter <http://www.keysight.com/find/sweula> finden. Die in der EULA beschriebene Lizenz stellt die exklusive Berechtigung dar, der zufolge die US-Regierung die Software nutzen, ändern, verteilen oder offen legen darf. Die EULA und die darin beschriebene Lizenz verlangen bzw. erlauben unter anderem nicht, dass Keysight: (1) technische Informationen zu kommerzieller Computersoftware bzw. Dokumentation zu kommerzieller Computersoftware bereitstellt, die üblicherweise nicht öffentlich bereitgestellt werden; oder (2) Rechte an die Regierung abtritt oder der Regierung anderweitig einräumt, die diese üblicherweise öffentlich bereitgestellten Rechte zum Nutzen, Ändern, Reproduzieren, Freigeben, Ausführen, Anzeigen oder Offenlegen von kommerzieller Computersoftware bzw. Dokumentation zu kommerzieller Computersoftware übertrefft. Es gelten keine Anforderungen der Regierung, die über die in der EULA ausgeführten Anforderungen hinausgehen, ausgenommen in dem Umfang, in dem solche Bedingungen, Rechte oder Lizizenzen explizit von allen Anbietern kommerzieller Computersoftware gemäß FAR und DFARS verlangt werden und ausdrücklich schriftlich an anderer Stelle in der EULA ausgeführt sind. Keysight ist nicht zu Aktualisierung, Überarbeitung oder sonstiger Änderung der Software verpflichtet. Hinsichtlich beliebiger technischer Daten laut Definition in FAR 2.101, gemäß FAR 12.211 und 27.404.2 und DFARS 227.7102, erwirbt die US-Regierung keine weitergehenden Rechte als die begrenzten Rechte laut Definition in FAR 27.401 oder DFAR 227.7103-5 (c), wie für beliebige technische Daten geltend.

## Garantie

DAS IN DIESEM DOKUMENT ENTHALTENE MATERIAL WIRD IM VORLIEGENDEN ZUSTAND ZUR VERFÜGUNG GESTELT UND KANN IN ZUKÜNTIGEN AUSGABEN OHNE VORHERIGE ANKÜNDIGUNG GEÄNDERT WERDEN. DARÜBER HINAUS ÜBERNIMMT KEYSIGHT IM GESETZLICH MAXIMAL ZULÄSSIGEN RAHMEN KEINE GARANTIEN, WEDER AUSDRÜCKLICH NOCH STILLSCHWEIGEND, BEZÜGLICH DIESES HANDBUCHS UND BELIEBIGER HIERIN ENTHALTENER INFORMATIONEN, INKLUSIVE ABER NICHT BESCHRÄNKT AUF STILLSCHWEIGENDE GARANTIEN HINSICHTLICH MARKTGANGIGKEIT UND EIGNUNG FÜR EINEN BESTIMMten ZWECK. KEYSIGHT ÜBERNIMMT KEINE HAFTUNG FÜR FEHLER, DIE IN DIESEM DOKUMENT ENTHALTEN SIND, UND FÜR ZUFÄLLIGE SCHÄDEN ODER FOLGESCHÄDEN IM ZUSAMMENHANG MIT DER LIEFERUNG, INGEBRAUCHNAHME ODER BENUTZUNG DIESER DOKUMENTATION. FALLS ZWISCHEN KEYSIGHT UND DEM BENUTZER EINE SEPARATE SCHRIFTLICHE VEREINBARUNG MIT GARANTIEBEDINGUNGEN BEZÜGLICH DES IN DIESEM DOKUMENT ENTHALTENEN MATERIALS Besteht, GELTEN DIE GARANTIEBEDINGUNGEN IN DER SEPARATEN VEREINBARUNG.

## Sicherheitsinformationen

### VORSICHT

Ein Hinweis mit der Überschrift VORSICHT weist auf eine Gefahr hin. Er macht auf einen Betriebsablauf oder ein Verfahren aufmerksam, der bzw. das bei unsachgemäßer Durchführung zur Beschädigung des Produkts oder zum Verlust wichtiger Daten führen kann. Setzen Sie den Vorgang nach dem Hinweis VORSICHT nicht fort, wenn Sie die darin aufgeführten Hinweise nicht vollständig verstanden haben und einhalten können.

### WARNUNG

Eine WARNUNG weist auf eine Gefahr hin. Sie macht auf einen Betriebsablauf oder ein Verfahren aufmerksam, der bzw. das bei unsachgemäßer Durchführung zu Verletzungen oder zum Tod führen kann. Setzen Sie den Vorgang nach einem Hinweis mit der Überschrift WARNUNG nicht fort, wenn Sie die darin aufgeführten Hinweise nicht vollständig verstanden haben und einhalten können.

## Rechtliche Einschränkungen

Die Software und Dokumentation wurden vollständig auf eigene Kosten entwickelt. Je nach zutreffender Klausel werden sie als "kommerzielle Computer-Software" gemäß der Definition in DFARS 252.227-7013 (Okt. 1988), DFARS 252.211-7015 (Mai 1991) oder DFARS 252.227- 7014 (Juni 1995), als "kommerzielle Komponente" gemäß der Definition in FAR 2.101(a), als "nutzungsbeschränkte Computer-Software" gemäß der Definition in FAR 52.227-19 (Juni 1987) (oder einer vergleichbaren Agentur- oder Vertragsregelung) ausgeliefert und lizenziert. Sie verfügen nur über diejenigen Rechte, die für derartige Software und Dokumentation in der anwendbaren FAR- oder DFARS-Klausel oder der Keysight-Standard-Software-Vereinbarung für das betreffende Produkt definiert sind.

## Aufsichtsrechtliche Kennzeichnungen

Die folgenden Symbole auf dem Gerät und in der Dokumentation zeigen Vorsichtsmaßnahmen an, die getroffen werden müssen, um den sicheren Betrieb des Geräts zu gewährleisten.

|   |  |   |   |
|---|--|---|---|
|  | Gleichspannung oder Gleichspannung (DC).   |  | Wechselspannung oder Wechselstrom (AC)  |
|  | VORSICHT, STROMSCHLAGGEFAHR.   |  | Benutzerhandbuch-Symbol (am Produkt angebracht). Dieses Symbol weist darauf hin, dass der Benutzer spezifische WARNUNG- oder VORSICHT-Hinweise im Handbuch beachten muss, um eine Gefährdung von Personen oder eine Beschädigung des Produkts auszuschließen. |
|  | Dieses Symbol kennzeichnet den Masseanschluss, der vor der Inbetriebnahme des Gerätes mit der Schutzmasse des Stromnetzes verbunden werden muss – die Schutzerdung schützt gegen Stromschlaggefahr im Falle eines Gerätedefekts. |  | Rahmen- oder Chassis-Masse – normalerweise ist dieser Anschluss mit dem Metallgehäuse des Gerätes verbunden.  |

# Sicherheitshinweise

Lesen Sie die folgenden Informationen sorgfältig durch, bevor Sie das Gerät benutzen.

Die folgenden allgemeinen Sicherheitsvorkehrungen müssen während aller Phasen des Betriebs, des Services und der Reparatur dieses Instruments beachtet werden. Durch Missachtung dieser Sicherheitsvorkehrungen oder bestimmter Warnungen an einer anderen Stelle dieses Handbuchs werden die Sicherheitsstandards beim Entwurf, bei der Bereitstellung und bei der vorgesehenen Verwendung dieses Geräts verletzt. Keysight Technologies übernimmt bei Missachtung dieser Voraussetzungen durch den Kunden keine Haftung.

## WARNUNG

- **Erden Sie das Gerät:** Bei Geräten der Sicherheitsklasse 1 (dies sind Geräte mit Schutzerde-Anschluss) muss eine nicht unterbrechbare Schutzleiterverbindung vom Schutzerde-Anschluss des Stromnetzes bis zum Schutzerde-Anschluss der Netzeingangsklemmen oder des mitgelieferten Netzkabels bestehen.
- Betreiben Sie das Gerät **AUF KEINEN FALL** in einer explosiven Atmosphäre oder in Gegenwart entflammbarer Gaser oder Dämpfe.
- Zur **Vermeidung von Brandgefahr** darf die Netzsicherung (oder dürfen die Netzsicherungen) nur durch eine Sicherung (bzw. nur durch Sicherungen) gleicher Spannungsfestigkeit, gleichen Nennstroms und gleicher Abschaltcharakteristik ersetzt werden. Verwenden Sie AUF KEINEN FALL reparierte Sicherungen und schließen Sie AUF KEINEN FALL den Sicherungshalter kurz.
- **Bleiben Sie von hochspannungsführenden Teilen fern:** Dem Bedienpersonal ist es untersagt, Gehäuseabdeckungen oder Abschirmungen zu entfernen. Prozeduren, die das Entfernen von Abdeckungen oder Abschirmungen umfassen, dürfen ausschließlich von qualifizierten Service-Technikern durchgeführt werden. Unter Umständen können auch bei ausgeschaltetem Gerät bestimmte Bauteile weiterhin Hochspannung führen. Zur Vermeidung von lebensgefährlichen Stromschlägen dürfen Sie NUR DANN Prozeduren ausführen, die das Entfernen von Abdeckungen oder Abschirmungen umfassen, wenn Sie dafür qualifiziert sind.

## WARNUNG

- **Benutzen Sie AUF KEINEN FALL ein beschädigtes Gerät:** Wenn Sie nicht sicher sind, dass die in dieses Produkt integrierten Sicherheitsfunktionen ordnungsgemäß funktionieren (beispielsweise weil das Gerät mechanisch beschädigt ist oder exzessiver Feuchtigkeit ausgesetzt war oder aus sonstigen Gründen), TRENNEN SIE DAS GERÄT VOM STROMNETZ und benutzen Sie es erst nach einer erfolgreichen Sicherheitsüberprüfung durch einen qualifizierten Service-Techniker. Falls erforderlich, senden Sie das Gerät an Keysight zur Wartung oder Reparatur ein, um seine Sicherheit zu gewährleisten.
- **Führen Sie Wartungs- oder Abgleicharbeiten AUF KEINEN FALL durch, wenn Sie alleine sind:** Führen Sie Wartungs- oder Abgleicharbeiten im Geräteinneren nur aus, wenn eine andere Person zugegen ist, die notfalls Erste Hilfe leisten und Wiederbelebungsmaßnahmen durchführen kann.
- **Ersetzen Sie AUF KEINEN FALL Bauteile und nehmen Sie keine Änderungen vor:** Ersetzen Sie keine Bauteile und nehmen Sie an dem Gerät keine unbefugten Änderungen vor, da dies zusätzliche Gefahren verursachen würde. Senden Sie das Gerät an Keysight zur Wartung oder Reparatur ein, um seine Sicherheit zu gewährleisten.
- **Hochspannungsmessungen sind immer gefährlich:** ALLE Multimetereingänge (auf der Frontplatte und auf der Rückwand) können gefährlich hohe Spannungen führen, falls an einem BELIEBIGEN Eingang eine Spannung von mehr als 42V (DC oder AC-Spitze) anliegt.
- **Permanente Hochspannungsverbindungen oder Energiequellen, die in der Lage sind, Leistungen von mehr als 150 VA zu liefern, sollten beschriftet, abgesichert oder auf sonstige Weise gegen versehentliches Kurzschließen oder Gerätedefekte geschützt werden.**
- **Lassen Sie AUF KEINEN FALL unbenutzte Messanschlüsse unter Spannung stehen.**
- **Verwenden Sie AUF KEINEN FALL den "Front/Rear"-Schalter dazu, Signale mit gefährlich hoher Spannung zwischen den vorder- und rückseitigen Anschlüssen des Multimeters umzuschalten.**

## **WARNUNG**

- Trennen Sie das Gerät vor der Reinigung vom Stromnetz und trennen Sie alle Testleitungen, um Stromschläge zu vermeiden. Reinigen die Außenseite des Instruments mit einem weichen, fusselfreien, leicht mit Wasser angefeuchteten Tuch.  
Verwenden Sie KEINE Scheuer- oder Lösungsmittel. Versuchen Sie NICHT, das Innere zu reinigen.  
Wenden Sie sich bei Bedarf an eine Vertriebs- und Serviceniederlassung von Keysight Technologies, um eine ordnungsgemäße Reinigung zu veranlassen und sicherzustellen, dass die Sicherheitsfunktionen und die Leistung erhalten bleiben.
- 

## **VORSICHT**

Dies ist ein empfindliches Messgerät, das aufgrund seiner Konstruktion einige Leistungsverluste aufweisen kann, wenn es einem kontinuierlichen elektromagnetischen Strahlungsphänomen in der Umgebung ausgesetzt ist.

---

## Umgebungsbedingungen

Das 3458A ist für den Gebrauch in Innenräumen und Bereichen mit geringer Kondensation konstruiert. Die nachstehende Tabelle enthält die allgemeinen Anforderungen an die Umgebungsbedingungen für dieses Gerät.

| Umgebungsbedingung     | Anforderung  |
|------------------------|--|
| Temperatur             | Betrieb<br>– 0 °C bis 55 °C  |
| Feuchtigkeit           | Betrieb<br>– Bis zu 95 % RF bei 40 °C (nicht kondensierend)<br>– Bis zu 40 % RF bei 41 bis 55 °C (nicht kondensierend)   |
| Höhe                   | Max. 2000 m  |
| Verschmutzungsgrad     | 2  |
| Installationskategorie | II   |
| Messspannungskategorie | II   |
| Überspannungsschutz    | II   |
| Leistungsbedarf        | 100/120 V, 220/240 V ±10 %<br>48–66 Hz, 360–420 Hz (automatische Ermittlung)<br><30 W, <80 VA (Spitzenleistung)<br>Mit Sicherung: 1,5 A bei 115 V oder 0,5 A bei 230 V |

### WARNUNG

VERWENDEN SIE DAS GERÄT NICHT IN EXPLOSIVEN ODER FEUCHTEN UMGBUNGEN

Betreiben Sie das Gerät nicht in einer Umgebung, in der brennbare Gase, Rauch, Dämpfe oder Feuchtigkeit vorhanden sind.

## Vorschriften und Compliance-Informationen zum Produkt

Das digitale Multimeter 3458A erfüllt alle Sicherheits- und EMV-Anforderungen.

Die aktuelle Version entnehmen Sie bitte der Konformitätserklärung auf <http://www.keysight.com/go/conformity>.

## Europäische Richtlinie über Elektro- und Elektronik-Altgeräte (Waste Electrical and Electronic Equipment, WEEE)

Dieses Gerät entspricht der Kennzeichnungsanforderung gemäß WEEE-Richtlinie.  
Dieses angebrachte Produktetikett weist darauf hin, dass Sie dieses elektrische/  
elektronische Produkt nicht im Hausmüll entsorgen dürfen.

### Produktkategorie:

Im Bezug auf die Ausrüstungstypen in der WEEE-Richtlinie Zusatz 1 gilt dieses  
Instrument als „Überwachungs- und Kontrollinstrument“.

Das angebrachte Produktetikett ist unten abgebildet.



Entsorgen Sie dieses Gerät nicht im Hausmüll.

Zur Entsorgung dieses Geräts wenden Sie sich an das nächste Keysight Service  
Center, oder rufen Sie <http://about.keysight.com/en/companyinfo/environment/takeback.shtml> auf, um weitere Informationen zu erhalten.

## Vertrieb und technischer Support

Um zu Vertrieb und technischem Support Kontakt mit Keysight aufzunehmen,  
nutzen Sie die Support-Links auf den folgenden Websites von Keysight:

- [www.keysight.com/find/3458A](http://www.keysight.com/find/3458A)  
(produktsspezifische Informationen und Support, Software- und  
Dokumentations-Updates)
- [www.keysight.com/find/assist](http://www.keysight.com/find/assist)  
(weltweite Kontaktinformationen für Reparatur und Service)

# Vorwort

Dieses Handbuch enthält Informationen zur Installation des Multimeters 3458A, zur Bedienung und Programmierung des Gerätes, und zur Konfiguration des Gerätes. Das Handbuch ist in folgende Kapitel unterteilt:

## **Kapitel 1 – Installation und Wartung**

Dieses Kapitel enthält Informationen zur Eingangskontrolle, Installation und Wartung des Gerätes. Es enthält außerdem Listen der verfügbaren Optionen und Zubehörprodukte.

## **Kapitel 2 – Inbetriebnahme**

Dieses Kapitel beschreibt das Bedienungskonzept des Multimeters. Es wird gezeigt, wie das Multimeter manuell bedient wird und wie Sie es mit Hilfe eines Computers fernsteuern können.

## **Kapitel 3 – Konfigurieren des Multimeters für Messungen**

In diesem Kapitel wird beschrieben, wie Sie das Multimeter für alle Arten von Messungen außer Digitalisierung konfigurieren (die Digitalisierung wird in Kapitel 5 beschrieben). Außerdem erfahren Sie, wie man Unterprogramme, den Zustandsspeicher, den Eingangspuffer und das Statusregister benutzt.

## **Kapitel 4 – Durchführung von Messungen**

In diesem Kapitel werden folgende Themen behandelt: Triggerverfahren, Messdatenformate, Benutzung des Messwertspeichers, Messdatenübertragung über den GPIB. Außerdem wird erläutert, wie Sie die Messrate und GPIB-Übertragungsgeschwindigkeit erhöhen, das EXTOUT-Signal nutzen und die mathematischen Operationen anwenden.

## **Kapitel 5 – Digitalisierung**

Digitalisierung ist der Prozess der Umsetzung eines kontinuierlichen analogen Signals in eine Folge von diskreten Abtastwerten (Samples), die jeweils eine momentane Signalamplitude in digitaler Darstellung repräsentieren. Dieses Kapitel erläutert die verschiedenen Verfahren zur Digitalisierung von Signalen, die Bedeutung der Abtastrate und die Anwendung der Pegeltriggerfunktion.

## **Kapitel 6 – Befehlsreferenz**

Dieses Kapitel erläutert die Multimeter-Programmiersprache HPML und enthält detaillierte Beschreibungen sämtlicher Befehle. Die Befehle sind in alphabetischer Reihenfolge aufgelistet.

## **Kapitel 7 – BASIC-Programmiersprache**

In diesem Kapitel werden die vom BASIC-Betriebssystem des 3458 unterstützten BASIC-Befehle beschrieben. Mit Hilfe von BASIC-Programmen, die einfach zu erstellen und herunterzuladen sind, können Sie das Verhalten des Multimeters flexibel an Ihre individuellen Anforderungen anpassen.

## **Anhänge**

Die Anhänge enthalten eine Auflistung der Multimeter-Spezifikationen, Informationen über die vom Multimeter unterstützten GP-IB-Befehle, Informationen über das Sperren des "Front/Rear Terminals"-Schalters sowie zwei Product Notes mit Informationen zur Digitalisierung und Hinweisen zur Maximierung der Abtastrate und des Durchsatzes.

DIESE SEITE WURDE ABSICHTLICH LEER GELASSEN.

# Table of Contents

|  |    |
|--|----|
| Rechtliche Einschränkungen .....   | 3  |
| Aufsichtsrechtliche Kennzeichnungen .....  | 4  |
| Sicherheitshinweise .....  | 5  |
| Umgebungsbedingungen .....   | 8  |
| Europäische Richtlinie über Elektro- und Elektronik-Altgeräte<br>(Waste Electrical and Electronic Equipment, WEEE) ..... | 9  |
| Produktkategorie: .....  | 9  |
| Vertrieb und technischer Support .....   | 9  |
| Vorwort .....  | 10 |
| <b>1 Installation und Wartung</b>  |    |
| Einführung .....   | 34 |
| Eingangskontrolle .....  | 35 |
| Optionen und Zubehör .....   | 36 |
| Installation des Multimeters .....   | 38 |
| Schutzerdungsanforderungen .....   | 38 |
| Netzspannungsanforderungen .....   | 39 |
| Einstellen der Netzspannungswahlschalter .....   | 40 |
| Einsetzen der Netzsicherung .....  | 41 |
| Netzkabel .....  | 42 |
| Anschließen des GPIB-Kabels .....  | 43 |
| GPIB-Adresse .....   | 44 |
| Installation des Multimeters .....   | 44 |
| Überprüfung der Installation .....   | 45 |
| Wartung .....  | 46 |
| Austauschen der Netzsicherung .....  | 46 |
| Austauschen einer Stromeingangssicherung .....   | 47 |
| Reparaturservice .....   | 48 |

|   |    |
|---|----|
| <b>2 Einführung in die Bedienung</b>                        |    |
| Einführung .....  | 50 |
| Vor dem Anschluss an das Stromnetz .....                    | 51 |
| Einschalten .....   | 52 |
| Einschalt-Selbsttest .....                                  | 52 |
| Einschalt-Zustand .....                                     | 52 |
| Das Display .....   | 54 |
| Manuelle Bedienung .....                                    | 56 |
| Durchführung einer Messung .....                            | 57 |
| Wahl der Messfunktion .....                                 | 58 |
| Automatische und manuelle Bereichswahl .....                | 59 |
| Selbsttest .....  | 60 |
| Auslesen des Fehlerregisters .....                          | 61 |
| Zurücksetzen des Multimeters in den Einschalt-Zustand ..... | 63 |
| Benutzung der Konfigurationstasten .....                    | 64 |
| Benutzung der MENU-Tasten .....                             | 69 |
| Benutzung der MENU-Tasten .....                             | 69 |
| Display-Steuerung .....                                     | 71 |
| MORE INFO-Anzeige .....                                     | 74 |
| Messwertanzeige-Auflösung .....                             | 74 |
| Recall .....  | 75 |
| Benutzerdefinierbare Tasten .....                           | 75 |
| Anbringen der Tastaturschablone .....                       | 77 |
| Fernsteuerungsbetrieb .....                                 | 79 |
| Ein-/Ausgabe-Befehle .....                                  | 79 |
| Überprüfen der GPIB-Adresse .....                           | 79 |
| Ändern der GPIB-Adresse .....                               | 80 |
| Senden eines Fernsteuerungsbefehls .....                    | 80 |
| Einlesen von Daten aus dem Multimeter .....                 | 81 |
| "Local"-Taste .....   | 82 |
| <b>3 Konfigurieren des Multimeters für Messungen</b>        |    |
| Einführung .....  | 84 |
| Allgemeine Konfiguration .....                              | 85 |

|   |     |
|---|-----|
| Selbsttest                                      | 85  |
| Auslesen der Fehlerregister                     | 85  |
| Kalibrierung                                    | 86  |
| Wahl der Eingangsanschlüsse                     | 89  |
| Guarding  | 90  |
| Unterbrechen der kontinuierlichen<br>Messungen  | 91  |
| Preset-Zustand                                  | 91  |
| Spezifizieren einer Messfunktion                | 93  |
| Autorange                                       | 95  |
| Spezifizieren des Bereichs                      | 96  |
| Konfigurieren für DC- oder Widerstandsmessungen | 97  |
| Gleichspannungsmessung                          | 97  |
| Gleichstrommessungen                            | 98  |
| Widerstandsmessung                              | 100 |
| Konfigurieren des A/D-Wandlers                  | 103 |
| "Autozero"-Funktion                             | 108 |
| Offset-Kompensation                             | 109 |
| Fester Eingangswiderstand                       | 110 |
| Konfigurieren für AC-Messungen                  | 111 |
| AC- oder AC+DC-Spannungsmessung                 | 111 |
| ACI- oder AC+DCI-Strommessung                   | 115 |
| Frequenz- oder Periodenmessung                  | 116 |
| Spezifizieren der Bandbreite                    | 118 |
| Einstellen der Integrationszeit                 | 118 |
| Spezifizieren der Auflösung                     | 120 |
| Konfigurieren für Verhältnismessungen           | 124 |
| Spezifizieren von Verhältnismessungen           | 125 |
| Benutzung des Unterprogrammspeichers            | 126 |
| Speichern eines Unterprogramms                  | 126 |
| Ausführen eines Unterprogramms                  | 127 |
| Anhalten eines Unterprogramms                   | 128 |
| Verschachtelte Unterprogramme                   | 129 |
| Automatisches Starten eines Unterprogramms      | 129 |
| Komprimieren von Unterprogrammen                | 130 |

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| Löschen von Unterprogrammen          | 130 |
| Benutzung des Zustandsspeichers      | 131 |
| Speichern von Zuständen              | 131 |
| Zurückrufen von Zuständen            | 132 |
| Löschen von Zuständen                | 132 |
| Benutzung des Eingangspuffers        | 133 |
| Benutzung des Statusregisters        | 134 |
| Lesen des Statusregisters            | 135 |
| Interrupts                           | 136 |
| <b>4 Durchführung von Messungen</b>  |     |
| Einführung                           | 140 |
| Triggerung von Messungen             | 141 |
| Triggerfreigabeereignis              | 142 |
| Triggerereignis                      | 142 |
| Abtastereignis                       | 142 |
| Ereignistypen                        | 143 |
| Kontinuierliche Messungen            | 144 |
| Einzelmessungen                      | 144 |
| Mehrfachmessungen                    | 145 |
| Mehrfahe Triggerfreigabe             | 146 |
| Synchrone Messungen                  | 147 |
| Timer-gesteuerte Messungen           | 148 |
| Verzögerte Messungen                 | 150 |
| Externe Triggerung                   | 151 |
| Ereigniskombinationen                | 153 |
| Datenformate für Messwertspeicherung | 159 |
| ASCII                                | 159 |
| SINT und DINT                        | 159 |
| SREAL-Format                         | 160 |
| Benutzung des Messwertspeichers      | 163 |
| Datenformate für Messwertspeicherung | 164 |
| Abrufen von Messwerten               | 166 |
| Messwertübertragung über den GPIB    | 170 |

|   |     |
|---|-----|
| Ausgabeformate  | 170 |
| Abschlusszeichen                                      | 172 |
| Benutzung des SINT- oder DINT-Ausgabeformats          | 172 |
| Benutzung des SREAL-Ausgabeformat                     | 175 |
| Benutzung des DREAL-Ausgabeformats                    | 176 |
| Erhöhen der Messrate                                  | 178 |
| "High-Speed"-Modus                                    | 178 |
| Konfigurieren für schnelle Messungen                  | 179 |
| Schnelle Messwertübertragung über den GPIB            | 188 |
| Schnelle Messwertübertragung aus dem Messwertspeicher | 190 |
| Bestimmen der Messrate                                | 191 |
| EXTOUT-Signal   | 194 |
| "Reading Complete"                                    | 196 |
| "Burst Complete"                                      | 197 |
| "Input complete"                                      | 198 |
| Apertur-Signal  | 199 |
| Bedienungsanforderung                                 | 199 |
| EXTOUT ONCE   | 200 |
| Mathematische Operationen                             | 202 |
| Echtzeit vs. Post-Processing                          | 202 |
| Aktivieren von Math-Operationen                       | 203 |
| Math-Register   | 204 |
| NULL  | 205 |
| SCALE   | 207 |
| PERC(ent)   | 208 |
| DB  | 209 |
| DBM   | 211 |
| Statistik-Operationen                                 | 212 |
| PFAIL (Pass/Fail)                                     | 213 |
| FILTER  | 215 |
| RMS   | 216 |
| Temperaturmessungen                                   | 217 |
| 5 Digitalisierung                                     |     |
| Einführung  | 220 |

|  |     |
|--|-----|
| Digitalisierungsverfahren                          | 221 |
| Abtastrate   | 223 |
| Pegeltriggerung                                    | 225 |
| Beispiele für Triggering                           | 225 |
| Pegelfilter  | 228 |
| DCV Digitalisierung                                | 229 |
| Anmerkungen zur DCV-Digitalisierung                | 230 |
| Beispiel für DCV-Digitalisierung                   | 232 |
| "Direct-Sampling"                                  | 234 |
| Anmerkungen zum "Direct-Sampling"-Verfahren        | 235 |
| Beispiel für eine "Direct-Sampling"-Messung        | 236 |
| "Sub-Sampling"                                     | 238 |
| Grundlagen des "Sub-Sampling"-Verfahrens           | 238 |
| "sync source"-Ereignis                             | 240 |
| Anmerkungen zum "Sub-Sampling"-Verfahren           | 242 |
| Abspeichern von Messwerten in den Messwertspeicher | 244 |
| Übertragung von Messwerten zum Steuercomputer      | 245 |
| Darstellung von Sampling-Signaldaten               | 248 |
| <b>6 Befehlsreferenz</b>                           |     |
| Einführung   | 254 |
| Programmiersprachen-Konventionen                   | 256 |
| Befehlsabschlusszeichen                            | 256 |
| Mehrere Befehle in einem einzigen String           | 257 |
| Parameter  | 257 |
| Abfragebefehle                                     | 258 |
| Befehle nach Funktionsgruppen geordnet             | 261 |
| Anwendbarkeit von Befehlen auf Messfunktionen      | 263 |
| ACAL   | 265 |
| ACBAND   | 267 |
| ACDCI, ACDCV, ACI, ACV                             | 268 |
| ADDRESS  | 269 |
| APER   | 270 |

|            |     |
|------------|-----|
| ARANGE     | 271 |
| AUXERR?    | 272 |
| AZERO      | 274 |
| BEEP       | 276 |
| CAL        | 277 |
| CALL       | 277 |
| CALNUM?    | 278 |
| CALSTR     | 279 |
| COMPRESS   | 280 |
| CONT       | 281 |
| CSB        | 282 |
| DCI, DCV   | 282 |
| DEFEAT     | 282 |
| DEFKEY     | 284 |
| DELAY      | 286 |
| DELSUB     | 287 |
| DIAGNOST   | 288 |
| DISP       | 288 |
| DSAC, DSDC | 290 |
| EMASK      | 293 |
| END        | 295 |
| ERR?       | 297 |
| ERRSTR?    | 298 |
| EXTOUT     | 300 |
| FIXEDZ     | 302 |
| FREQ       | 303 |
| FSOURCE    | 305 |
| FUNC       | 306 |
| ID?        | 313 |
| INBUF      | 313 |
| ISCALE?    | 315 |
| LEVEL      | 318 |
| LFILTER    | 320 |
| LFREQ      | 321 |
| LINE?      | 322 |
| LOCK       | 323 |
| MATH       | 324 |

|            |     |
|------------|-----|
| MCOUNT?    | 328 |
| MEM        | 329 |
| MENU       | 331 |
| MFORMAT    | 332 |
| MMATH      | 334 |
| MSIZE      | 339 |
| NDIG       | 340 |
| NPLC       | 341 |
| NRDGS      | 344 |
| OCOMP      | 347 |
| OFORMAT    | 348 |
| OHM, OHMF  | 355 |
| OPT?       | 355 |
| PAUSE      | 356 |
| PER        | 358 |
| PRESET     | 360 |
| PURGE      | 362 |
| QFORMAT    | 363 |
| R          | 365 |
| RANGE      | 365 |
| RATIO      | 369 |
| RES        | 371 |
| RESET      | 373 |
| REV?       | 375 |
| RMATH      | 376 |
| RMEM       | 377 |
| RQS        | 379 |
| RSTATE     | 381 |
| SCAL       | 382 |
| SCRATCH    | 382 |
| SECURE     | 382 |
| SETACV     | 384 |
| SLOPE      | 385 |
| SMATH      | 386 |
| SRQ        | 388 |
| SSAC, SSDC | 389 |
| SSPARM?    | 394 |

|        |     |
|--------|-----|
| SSRC   | 395 |
| SSTATE | 399 |
| STB?   | 401 |
| SUB    | 402 |
| SUBEND | 406 |
| SWEEP  | 407 |
| T      | 410 |
| TARM   | 411 |
| TBUFF  | 414 |
| TEMP?  | 415 |
| TERM   | 416 |
| TEST   | 417 |
| TIMER  | 417 |
| TONE   | 419 |
| TRIG   | 419 |

## 7 BASIC-Programmiersprache für das 3458A

|  |     |
|--|-----|
| Einführung                                 | 424 |
| Wie funktioniert es?                       | 425 |
| BASIC-Befehle                              | 426 |
| Variablen und Arrays                       | 426 |
| Mathematische Operationen                  | 427 |
| Definieren/Löschen eines Unterprogramms    | 428 |
| Befehle zur Ausführung von Unterprogrammen | 428 |
| Schleifen und Verzweigungen                | 429 |
| Binärprogramme                             | 429 |
| Zusätzliche Multimeterbefehle              | 430 |
| Beispiel für ein 3458A-BASIC-Programm      | 431 |
| Variablen und Arrays                       | 433 |
| Typendeklarationen                         | 433 |
| Typenkonvertierung                         | 435 |
| Gebrauch von Variablen                     | 436 |
| Arrays                                     | 438 |
| Allgemeine mathematische Funktionen        | 440 |
| Mathematische Operatoren                   | 440 |

|   |     |
|---|-----|
| Hierarchie der mathematischen Operatoren .....                                | 444 |
| Fehler im Zusammenhang mit mathematischen Operationen .....                   | 444 |
| Hinweise zur Anwendung von Vergleichsoperatoren .....                         | 445 |
| Unterprogramme .....  | 446 |
| Erstellen und Herunterladen von Unterprogrammen .....                         | 448 |
| Unterprogrammspezifische Befehle .....  | 450 |
| Befehle zum Definieren/Löschen von Unterprogrammen .....                      | 450 |
| Ausführungsbefehle .....  | 453 |
| Bedingte Verzweigungen und Schleifen in Unterprogrammen .....                 | 456 |
| FOR...NEXT-Schleifen .....  | 456 |
| WHILE-Schleifen .....   | 457 |
| IF...THEN-Verzweigung .....   | 458 |
| <b>A Spezifikationen</b>  |     |
| <b>B GPIB-Befehle</b>   |     |
| Einführung .....  | 462 |
| ABORT 7 (IFC) .....   | 463 |
| CLEAR (DCL oder SDC) .....  | 463 |
| LOCAL (GTL) .....   | 464 |
| LOCAL LOCKOUT (LLO) .....   | 465 |
| REMOTE .....  | 466 |
| SPOLL (Serial Poll) .....   | 467 |
| TRIGGER (GET) .....   | 468 |
| <b>C Prozedur zum Sperren der "Front/Rear Terminal"- und "Guard"-Schalter</b> |     |
| Einführung .....  | 470 |
| Erforderliche Werkzeuge .....   | 471 |
| Prozedur .....  | 472 |
| Entfernen der Gehäuseabdeckungen .....  | 472 |
| Entfernen der Betätigungsstange für den "Guard"-Schalter .....                | 476 |
| Entfernen der Betätigungsstange für den "Front/Rear                           |     |
| Terminal"-Schalter .....  | 476 |
| Anbringen der Abdeckkappe .....   | 480 |
| Wiederanbringen der Gehäuseabdeckungen .....                                  | 483 |

## D Optimierung des Datendurchsatzes und der Messrate

|   |     |
|---|-----|
| Kurzbeschreibung des Systemmultimeters 3458A .....                                      | 486 |
| Anwendungsorientierte Befehlssprache .....  | 486 |
| Inhärent langsame Messungen .....  | 487 |
| Maximierung der Messgeschwindigkeit .....   | 488 |
| Programmspeicher .....  | 488 |
| Zustandsspeicher .....  | 488 |
| Messdatenanalyse .....  | 489 |
| Gruppieren von Messaufgaben und Erstellen von Sequenzen .....                           | 489 |
| Systemverfügbarkeit .....  | 490 |
| Zweck dieser Product Note .....   | 491 |
| Die wichtigsten Themen dieser Product Note .....  | 491 |
| Gleichspannungs-, Gleichstrom- und Widerstandsmessungen .....                           | 492 |
| Optimierung des DCV-Pfades .....  | 492 |
| Gleichstrommessung .....  | 495 |
| Widerstandsmessung .....  | 496 |
| Optimierung des "Track-and-Hold"-Pfades ("Direct-Sampling" und<br>"Sub-Sampling") ..... | 498 |
| Wechselspannungs- und Wechselstrommessungen .....                                       | 499 |
| Analogen Messverfahren .....  | 499 |
| "Synchronous-Sampling"-Messverfahren .....  | 499 |
| "Random-Sampling"-Messverfahren .....   | 500 |
| Die Effektivwert-Messverfahren im Vergleich .....                                       | 500 |
| Wechselstrommessung .....   | 501 |
| Frequenz- oder Periodenmessung .....  | 501 |
| Optimierung des Testprozesses durch Aufgabenverteilung .....                            | 503 |
| Mathematische Operationen .....   | 503 |
| Datenspeicherung .....  | 503 |
| Ausgabeformate .....  | 504 |
| Zustandsspeicher und Programmspeicher .....   | 505 |
| Messliste .....   | 505 |
| Benchmark-Test .....  | 507 |
| Benchmark-Ergebnisse .....  | 509 |

|   |     |
|---|-----|
| Noch schneller .....  | 514 |
| <b>E Hochauflösende Digitalisierung mit dem 3458A</b>                                     |     |
| Einführung .....  | 526 |
| Geschwindigkeit und Auflösung .....   | 527 |
| Digitalisierung von analogen Signalen .....   | 527 |
| Vermeidung von Aliasing .....   | 528 |
| Zwei Messpfade zur Auswahl .....  | 530 |
| Verwendung des DCV-Pfades für "Direct-Sampling" .....                                     | 530 |
| Verwendung des "Track-and hold"-Pfades für "Direct-Sampling"<br>oder "Sub-Sampling" ..... | 531 |
| Signalerfassung .....   | 533 |
| Schnelle Datenübertragung zum Steuercomputer .....  | 537 |
| Softwarelösung: "Wave Form Analysis Library" .....  | 537 |
| Vorlage für ein Hauptprogramm .....   | 540 |
| Messunsicherheiten .....  | 542 |
| Amplitudenfehler .....  | 543 |
| Trigger- und Zeitbasisfehler .....  | 548 |

## List of Figures

|            |  |     |
|------------|--|-----|
| Figure 1-1 | Rückwand .....   | 38  |
| Figure 1-2 | Mögliche Positionen der Netzspannungswahlschalter                          | 40  |
| Figure 1-3 | Netzkabel .....  | 42  |
| Figure 1-4 | Typische GPIB-Verkabelung .....  | 43  |
| Figure 1-5 | Stromanschluss-/Sicherungsbaugruppe .....                                  | 47  |
| Figure 2-1 | Frontplatte .....  | 56  |
| Figure 2-2 | Normale 2-Draht- (plus Guard) Messungen .....                              | 57  |
| Figure 2-3 | Function keys .....  | 58  |
| Figure 2-4 | Display-Test .....   | 63  |
| Figure 2-5 | Konfigurationstasten .....   | 64  |
| Figure 2-6 | Tastaturschablone (Keysight-Teilenummer<br>03458-84303) .....              | 77  |
| Figure 2-7 | Anbringen der Tastaturschablone .....                                      | 78  |
| Figure 3-1 | Verkabelung für Spannungsmessungen .....                                   | 98  |
| Figure 3-2 | Verkabelung für Strommessungen .....                                       | 99  |
| Figure 3-3 | Verkabelung für 2-Draht-Widerstandsmessung .....                           | 101 |
| Figure 3-4 | 4-Wire ohms measurement connections .....                                  | 102 |
| Figure 3-5 | Verkabelung für Verhältnismessungen .....                                  | 124 |
| Figure 4-1 | Trigger-Hierarchie .....   | 141 |
| Figure 4-2 | Mehrfache Triggerfreigabe .....  | 146 |
| Figure 4-3 | TIMER- oder SWEEP-Intervall .....  | 150 |
| Figure 4-4 | DELAY mit SWEEP (oder TIMER) .....   | 151 |
| Figure 4-5 | Zusammenhänge zwischen den verschiedenen A/<br>D-Wandler-Ereignissen ..... | 195 |
| Figure 4-6 | Verwendung eines externen Multiplexers .....                               | 197 |
| Figure 5-1 | Digitalisiertes Sinussignal .....  | 220 |
| Figure 5-2 | Verkabelung für Digitalisierung .....                                      | 221 |
| Figure 5-3 | Verkabelung für Digitalisierung .....                                      | 222 |
| Figure 5-4 | Aliasing infolge von Unterabtastung .....                                  | 223 |
| Figure 5-5 | Pegeltriggerung beim Nulldurchgang,<br>positive Flanke .....               | 225 |
| Figure 5-6 | Pegeltriggerung, 50%, negative Flanke,<br>AC-Kopplung .....                | 227 |

|             |   |     |
|-------------|---|-----|
| Figure 5-7  | Pegeltriggerung, -50%, positive Flanke,<br>AC-Kopplung  | 227 |
| Figure 5-8  | Pegeltriggerung, -25%, positive Flanke,<br>DC-Kopplung  | 228 |
| Figure 5-9  | "Direct-Sampling"   | 235 |
| Figure 5-10 | Beispiel für das "Sub-Sampling"-Verfahren   | 239 |
| Figure 5-11 | Zusammengesetztes Signal  | 240 |
| Figure 5-12 | Typisches Synchronisationssignal für "Sync Source"-<br>Ereignis EXT   | 241 |
| Figure 5-13 | Typisches Signaldiagramm  | 249 |
| Figure C-1  | Rechte Seite des 3458   | 472 |
| Figure C-2  | Linke Seite des 3458  | 474 |
| Figure C-3  | Erdungsschrauben der Abdeckungen  | 474 |
| Figure C-4  | Rückansicht des 3458  | 475 |
| Figure C-5  | Position des "Guard"-Schalters und der<br>Betätigungsstange   | 477 |
| Figure C-6  | Innenansicht des 3458, von unten  | 478 |
| Figure C-7  | Innenansicht des 3458, von oben   | 479 |
| Figure C-8  | Position des "Front/Rear Terminal"-Schalters und der<br>Betätigungsstange   | 481 |
| Figure C-9  | Anbringen der Schalter-Abdeckkappen   | 482 |
| Figure D-1  | Einfluss der Aperturzeit (oder des NPLC-Wertes) auf<br>Genauigkeit, Messrate, Auflösung und<br>Rauschen.  | 493 |
| Figure D-2  | Einschwingzeit-Charakteristiken für<br>Widerstandsmessungen bei einer angenommenen<br>Kapazität <200 pF parallel zum Messobjekt. Bei kleinen<br>Widerstandswerten bringt eine Verkleinerung des<br>DELAY-Wertes gegenüber dem Standardwert keinen<br>signifikanten Vorteil. Widerstandswerte von mehr als<br>100 kW erfordern längere Einschwingzeiten. Bei<br>Messungen in diesen Bereichen können Sie durch<br>Verkleinern des DELAY-Wertes die<br>Messgeschwindigkeit zu Lasten einer verringerten<br>Messgenauigkeit des ersten Messwertes<br>steigern. | 496 |

|            |  |     |
|------------|--|-----|
| Figure D-3 | Die Offset-Kompensation bei Widerstandsmessungen eliminiert den Einfluss kleiner Serienspannungen, die durch Thermoelement-Effekte innerhalb der Messanordnung entstehen können. Hierzu wird zunächst bei abgeschaltetem Messstrom die Spannung über dem Messobjekt gemessen; danach wird der Messstrom eingeschaltet, nochmals die Spannung über dem Widerstand gemessen und die Offsetspannung vom Messwert subtrahiert. . . . . | 497 |
| Figure D-4 | Die Signalpfade für die drei alternativen Effektivwert-Messverfahren. . . . .  | 500 |
| Figure D-5 | Bei dieser Konfiguration wird das Multimeter durch eine Messliste und die Schalteinheit durch eine korrespondierende Kanalliste gesteuert; beide Geräte triggern sich gegenseitig. Dies erhöht den Testdurchsatz. . . . .  | 506 |
| Figure D-6 | Benchmark-Ausführungszeiten für verschiedene Multimeterkonfigurationen. . . . .  | 508 |
| Figure E-1 | Typisches Blockschaltbild eines Systems für digitale Signalverarbeitung; eine wichtige Voraussetzung für sinnvolle Ergebnisse ist die Vermeidung von Aliasing. . . . .   | 528 |
| Figure E-2 | Beim "Direct-Sampling"-Verfahren wird das Signal in einem einzigen Durchgang erfasst. Das "Sub-Sampling"-Verfahren erfordert ein repetitives Signal und rekonstruiert dieses über mehrere Perioden hinweg. Die Nummern geben an, in welcher Periode des Eingangssignals der jeweilige Abtastwert erfasst wurde. . . . .  | 529 |
| Figure E-3 | Das Multimeter 3458A bietet zwei Digitalisierungspfade: den normalen DCV-Pfad und einen "Track-and hold"-Pfad. . . . .   | 531 |
| Figure E-4 | Zur Erfassung der Amplitude eines schmalen Impulses müssen Sie den "Track-and hold"-Pfad mit einer Bandbreite von 12 MHz verwenden. Beachten Sie, dass der Zeitabstand zwischen Triggerereignis und Beginn der Signalabtastung mindestens 175 ns beträgt. . . . .  | 532 |

|             |  |     |
|-------------|--|-----|
| Figure E-5  | Durch die vielfältigen Triggermöglichkeiten lässt sich die Signalerfassung an die unterschiedlichsten Anforderungen anpassen. . . . .  | 533 |
| Figure E-6  | Bei dieser Messung geht es darum, das Ausklingen einer gedämpften Schwingung zu charakterisieren. Der Befehl TARM SGL, 4 bewirkt, dass nur vier Messzyklen ausgeführt werden; dadurch wird die zur Bestimmung der Amplitudenverhältnisse der schattierten Signalbereiche erfasste Datenmenge begrenzt. . . . . | 534 |
| Figure E-7  | Sobald die Triggerfreigabe- und Triggerereignisse eingetreten sind, beginnt die Digitalisierung des Eingangssignals. . . . .   | 535 |
| Figure E-8  | In dieser Anwendung wird das 3458A zusammen mit einem Wobbelgenerator als Verstärkung/Phase-Messgerät betrieben. Es wird der Amplitudenfrequenzgang eines Filters gemessen und als Bode-Diagramm dargestellt. Das Timing wird durch einen phasensynchronen Trigger gesteuert. . . . .                          | 536 |
| Figure E-9  | Typische Struktur eines Programms zu Signalerfassung und -analyse unter Verwendung von Unterprogrammen aus der "Wave Form Analysis Library". (Die Bibliothek enthält noch weitere Unterprogramme). . . . .   | 538 |
| Figure E-10 | Ergebnisse eines Programms, das unter Verwendung von Routinen aus der "Wave Form Analysis Library" erstellt wurde. . . . .   | 541 |
| Figure E-11 | Diese potentiellen Fehlerquellen sollten bei der Digitalisierung von Signalen berücksichtigt werden. . . . .   | 543 |
| Figure E-12 | Es ist durchaus möglich, dass ein A/D-Wandler bei Ansteuerung mit statischen DC-Eingangsspannungen eine nahezu ideale Kennlinie aufweist (oberes Diagramm), während bei dynamischer Ansteuerung zahlreiche Fehler auftreten (unteres Diagramm). . . . .  | 545 |

|             |  |     |
|-------------|--|-----|
| Figure E-13 | Ein mit Nichtlinearitätsfehlern behafteter A/D-Wandler verursacht Signalverzerrungen, die sich durch Mittelung nicht reduzieren lassen. Der A/D-Wandler im 3458A ist bei einer Abtastrate von 100.000 Sa/s linear bis zu 16 bit. . . . . | 546 |
| Figure E-14 | Frequenzgänge der verschiedenen Messpfade des 3458A. . . . .   | 547 |
| Figure E-15 | Auswirkungen des Zeitbasis-Jitters. Beim Multimeter 3458A beträgt dieser Jitter 50 ps eff. Dieser Jitter ist reproduzierbar und lässt sich daher charakterisieren und kompensieren. . . . .  | 548 |

DIESE SEITE WURDE ABSICHTLICH LEER GELASSEN.

## List of Tables

|            |  |     |
|------------|--|-----|
| Table 1-1  | Verfügbare Optionen  | 36  |
| Table 1-2  | Verfügbares Zubehör  | 36  |
| Table 1-3  | Netzspannungsgrenzwerte  | 39  |
| Table 1-4  | Ersatz-Netzsicherungen und Sicherungshalterkappen                | 46  |
| Table 2-1  | Power-on state   | 52  |
| Table 2-2  | Display-Anzeigen   | 54  |
| Table 3-1  | Maximal zulässige Eingangsspannungen                             | 90  |
| Table 3-2  | PRESET NORM-Zustand  | 92  |
| Table 3-3  | Parameter von Messfunktionen                                     | 94  |
| Table 3-4  | Gleichspannungsbereiche  | 97  |
| Table 3-5  | Gleichstrombereiche  | 99  |
| Table 3-6  | Widerstandsbereiche  | 100 |
| Table 3-7  | ACV- und AC+DCV-Messverfahren                                    | 112 |
| Table 3-8  | Strombereich und Auflösung für die Messfunktionen ACI und AC+DCI | 116 |
| Table 3-9  | Parameter des Befehls FSOURCE                                    | 117 |
| Table 3-10 | Integrationszeit und Auflösung bei analogen AC-Messungen         | 120 |
| Table 3-11 | Torzeit und Auflösung für Frequenz-/Periodenmessungen            | 122 |
| Table 4-1  | Event parameters   | 143 |
| Table 4-2  | Ereigniskombinationen  | 154 |
| Table 4-3  | Liste der von PRESET FAST ausgeführten Befehle                   | 180 |
| Table 4-4  | Math-Register  | 204 |
| Table 4-5  | STAT-Register  | 212 |
| Table 4-6  | Math-Operationen für Temperaturmessungen                         | 217 |
| Table 5-1  | Digitalisierungsverfahren  | 221 |
| Table 5-2  | Amplitudenfehler und Auflösung vs. Aperturzeit                   | 231 |
| Table 6-1  | Anwendbarkeit von Befehlen auf Messfunktionen                    | 263 |
| Table B-1  | GPIB-Funktionen des Multimeters                                  | 462 |
| Table D-1  | Integrationszeit und Abfrage-Antwort                             | 494 |
| Table D-2  | Effektivwert-Messverfahren im Vergleich                          | 501 |
| Table D-3  | Zusammenhang zwischen Torzeit, Auflösung und                     |     |

Messrate. . . . . 502

Keysight 3458A Multimeter  
Benutzerhandbuch

# 1 Installation und Wartung

|                              |    |
|------------------------------|----|
| Einführung                   | 34 |
| Eingangskontrolle            | 35 |
| Optionen und Zubehör         | 36 |
| Installation des Multimeters | 38 |
| Wartung                      | 46 |

## Einführung

Dieses Kapitel enthält Informationen zur Eingangskontrolle, Installation und Wartung des Gerätes. Es enthält außerdem Listen der verfügbaren Optionen und Zubehörprodukte. Wir empfehlen Ihnen, dieses Kapitel zu lesen, bevor Sie das Multimeter an das Stromnetz oder an ein Messobjekt anschließen.

## Eingangskontrolle

### WARNUNG

Wenn eines der folgenden Symptome erkennbar oder zu vermuten ist, sollten Sie das Gerät außer Betrieb setzen bzw. nicht in Betrieb nehmen:

- 1 Äußerlich erkennbare Schäden.
- 2 Übermäßige Beanspruchung beim Transport.
- 3 Längere Lagerung unter widrigen Umgebungsbedingungen.
- 4 Die gewünschten Messungen oder Funktionen können nicht ausgeführt werden.

Benutzen Sie das Multimeter in solchen Fällen erst nach einer Sicherheitsüberprüfung durch einen qualifizierten Techniker.

---

Das Multimeter wurde vor der Auslieferung im Werk einer sorgfältigen Endkontrolle unterzogen. Es sollte nach dem Auspacken unbeschädigt und funktionsfähig sein. Falls der Versandkarton oder das Verpackungsmaterial beschädigt ist, bewahren Sie diese Teile so lange auf, bis Sie die Lieferung auf Vollständigkeit und das Multimeter auf Funktionsfähigkeit überprüft haben. Überprüfen Sie beim Auspacken des Multimeters, ob außer diesem Benutzerhandbuch folgende Teile mitgeliefert wurden:

- Netzkabel (1 Stück)
- Ersatz-Netzsicherungen: 500 mA träge (1 Stück, für 220/240 Netzspannung), 1,5 A flink (1 Stück, für 100/120 Netzspannung)
- Tastaturschablone (5 Stück)
- Schaltersperrkappen (2 Stück)
- Messleitungssatz (1 Stück)

Falls das Multimeter beschädigt oder die Lieferung unvollständig ist, benachrichtigen Sie bitte umgehend das nächstgelegene Vertriebszentrum von Keysight Technologies.

## Optionen und Zubehör

**Tabelle 1-1** enthält eine Liste der verfügbaren Optionen zum Multimeter und **Tabelle 1-2** eine Liste des verfügbaren Zubehörs.

**Tabelle 1-1** Verfügbare Optionen

| Beschreibung  | Option<br>Nummer | Teilenummer für<br>Nachrüstsatz |
|---|------------------|---------------------------------|
| Erweiterter Messwertspeicher (insgesamt 148 kByte)  | 001              | 03458-87901                     |
| Hochstabile Frequenzreferenz (4 ppm/Jahr)   | 002              | 03458-80002                     |
| Griffe-Materialsatz   | 907              | 5063-9226                       |
| Gestellflansche   | 908              | 5063-9212                       |
| Gestellflansche (einschl. Griffe)   | 909              | 5063-9219                       |
| Erweiterung der Hardware-Gewährleistung um zwei Jahre (Reparatur im Keysight-Service-Zentrum) | W30              |                                 |

**Tabelle 1-2** Verfügbares Zubehör

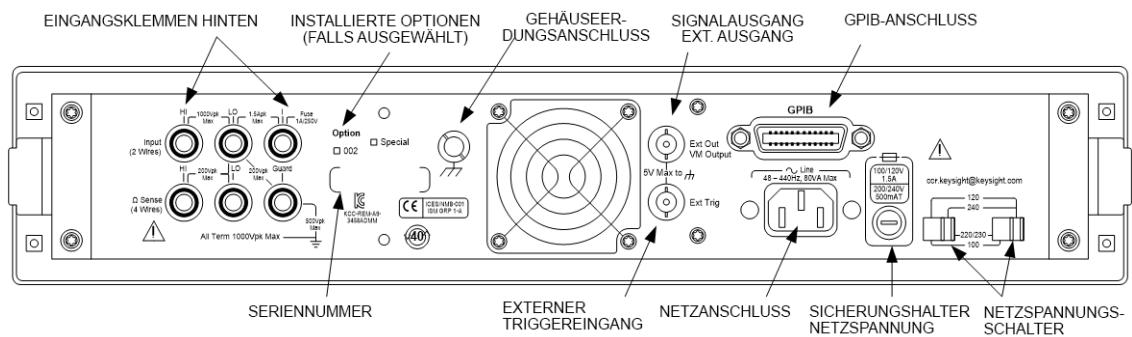
| Beschreibung   | Modell oder<br>Teilenummer |
|--|----------------------------|
| Zusätzlicher Handbuchsatz (Benutzerhandbuch, Kurz-Bedienungsanleitung, Kalibrierhandbuch, Reparaturhandbuch für Instandsetzung auf der Baugruppenebene, Benutzerhandbuch für manuelle Bedienung) | 03458-90101                |
| Zusätzliche Kurz-Bedienungsanleitung   | 03458-90008                |
| Zusätzliches Kalibrierhandbuch   | 03458-90017                |
| Zusätzliches Reparaturhandbuch für Instandsetzung auf der Baugruppenebene  | 03458-90011                |
| Zusätzliches Benutzerhandbuch für manuelle Bedienung   | 03458-90007                |
| Schablone für benutzerdefinierbare Tasten  | 03458-84313                |
| Schaltersperrkappe (1 Stück)   | 03458-44113                |
| GPIB-Kabel (1 m)   | 10833A                     |
| GPIB-Kabel (2 m)   | 10833B                     |

**Tabelle 1-2** Verfügbares Zubehör (Fortsetzung)

| Beschreibung  | Modell oder<br>Teilenummer |
|---|----------------------------|
| GPIB-Kabel (4 m)  | 10833C                     |
| GPIB-Kabel (0,5 m)  | 10833D                     |
| Messleitungssatz  | 34132B                     |
| Thermospannungsarmes Messleitungspaar, Kabelschuh auf Kabelschuh, 0,9 m         | 11053A                     |
| Thermospannungsarmes Messleitungspaar, Kabelschuh auf Bananenstecker, 0,9 m     | 11174A                     |
| Thermospannungsarmes Messleitungspaar, Bananenstecker auf Bananenstecker, 0,9 m | 11058A                     |
| Hochspannungstastkopf (40 kV AC/DC)   | 34136A                     |
| 30-A-Strommesszange   | 34330A                     |
| Kelvin-Tastkopfsatz (4-Draht, 1 m)  | 11059A                     |
| Kelvin-Prüfklemmensatz (2 Stück)  | 11062A                     |
| Thermistor-Temperatursensor 5 kΩ  | E2308A                     |
| 5 kΩ-Thermistor   | 40653B                     |

## Installation des Multimeters

Dieser Abschnitt erläutert die Schutzerdungs- und Netzspannungsanforderungen des Multimeters und enthält eine Installationsanleitung. (Die Installation der Schaltersperrkappen wird in Anhang C beschrieben.) **Abbildung 1-1** zeigt die Rückwand des Multimeters. Auf viele der rückseitigen Anschlüsse und Schalter wird in diesem Abschnitt Bezug genommen.



**Abbildung 1-1** Rückwand

## Schutzerdungsanforderungen

Das Multimeter wird mit einem dreiadrigem Netzkabel geliefert (siehe **Abbildung 1-4**). Das Netzkabel muss an eine normgerechte Netzsteckdose mit Schutzkontakt angeschlossen werden. Der Netzanschluss des Multimeters und das mitgelieferte Netzkabel entsprechen den Anforderungen der IEC (International Electrotechnical Commission) Sicherheitsstandards.

### WARNUNG

Zum Schutz vor Stromschlaggefahr darf der Schutzleiter nicht unterbrochen werden.

## Netzspannungsanforderungen

Das Multimeter benötigt ein einphasige Netzwechselspannung von 100, 120, 220 oder 240 V<sub>eff</sub> mit einer Frequenz zwischen 48 und 440 Hz. Die zulässige Netzspannungstoleranz beträgt +/- 10%, wobei jedoch der absolute Grenzwert von 250 V<sub>eff</sub> nicht überschritten werden darf. Die maximale Leistungsaufnahme beträgt 80 VA (Volt-Ampere). **Tabelle 1-3** zeigt die Netzspannungs-Nennwerte und die zulässigen Grenzwerte.

### VORSICHT

Das Multimeter kann beschädigt werden! Bevor Sie das Multimeter an das Stromnetz anschließen, vergewissern Sie sich, dass die Netzspannungswahlschalter auf die örtliche Netzspannung eingestellt sind und eine passende Netzsicherung eingesetzt ist. Siehe hierzu die nachfolgenden Abschnitte.

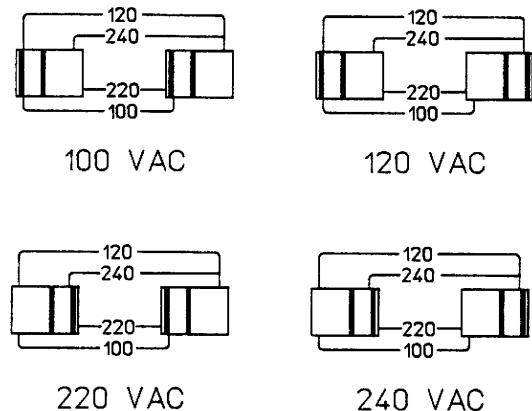
**Tabelle 1-3**      Netzspannungsgrenzwerte

| Nennwerte (effektiv) | Zulässige Grenzwerte (effektiv) |
|----------------------|---------------------------------|
| 100 VAC              | 90 VAC bis 110 VAC              |
| 120 VAC              | 108 VAC bis 132 VAC             |
| 220 VAC              | 198 VAC bis 242 VAC             |
| 240 VAC              | 216 VAC bis 250 VAC             |

## Einstellen der Netzspannungswahlschalter

Das Gerät wird vor der Auslieferung auf die Netzspannung des jeweiligen Bestimmungslandes eingestellt. Falls Sie diese Einstellung ändern müssen, gehen Sie folgendermaßen vor:

- 1 Ziehen Sie das Netzkabel aus der Steckdose.
- 2 Bringen Sie die Schalter mit Hilfe eines kleinen Längsschlitz-Schraubendrehers die Schalter in die erforderliche Position (siehe Abbildung 1-2).
- 3 Setzen Sie eine passende Netsicherung ein (siehe nächsten Abschnitt).



ME10134580POF.12

**Abbildung 1-2** Mögliche Positionen der Netzspannungswahlschalter

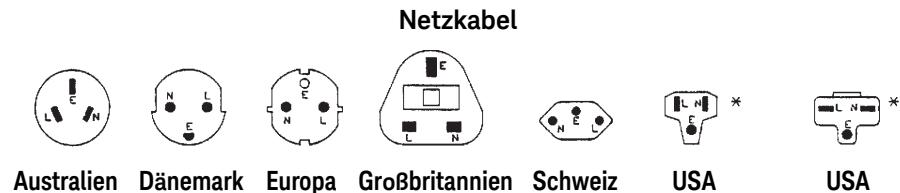
## Einsetzen der Netzsicherung

Die Netzsicherung muss mit der Netzspannungseinstellung übereinstimmen.  
Setzen Sie für den Betrieb an 100 VAC oder 120 VAC eine 1,5 A-Sicherung ein.  
Setzen Sie für den Betrieb an 220 VAC oder 240 VAC eine träge  
500 mA-Sicherung ein.

Der Netzsicherungshalter befindet sich rechts auf der Rückwand des Multimeters (siehe Abbildung 1-1). Ziehen Sie vor dem Einsetzen einer Sicherung das Netzkabel aus der Netzsteckdose. Stecken Sie ein Ende der Sicherung in die Kappe des Sicherungshalters. Stecken Sie das Gebilde aus Sicherung und Kappe in den Sicherungshalter. Drücken Sie die Kappe mit einem kleinen Längsschlitz-Schraubendreher nach innen und drehen Sie sie im Uhrzeigersinn fest.

## Netzkabel

**Abbildung 1-3** zeigt die verschiedenen Netzkabeltypen und deren Keysight-Teilenummern. Sollten Sie ein falsches Netzkabel erhalten haben, setzen Sie sich bitte wegen eines Austauschs mit dem nächstgelegenen Keysight-Vertriebszentrum in Verbindung.



| Land           | Teilenummer | Option | Spannung   |
|----------------|-------------|--------|------------|
| Australien     | 8120-1369   | 901    | 250 V 6 A  |
| Dänemark       | 1820-2956   | 912    | 259 V 6 A  |
| Europa         | 1820-1689   | 902    | 250 V 6 A  |
| Großbritannien | 1820-1351   | 900    | 250 V 6 A  |
| Schweiz        | 1820-2104   | 906    | 250 V 6 A  |
| USA            | 1820-1378   | 903    | 120 V 10 A |
| USA            | 1820-0698   | 904    | 240 V 10 A |

Die Anschlussbelegung der Netzkabel von Keysight stimmt mit derjenigen des Netzanschlusses am Gerät überein.

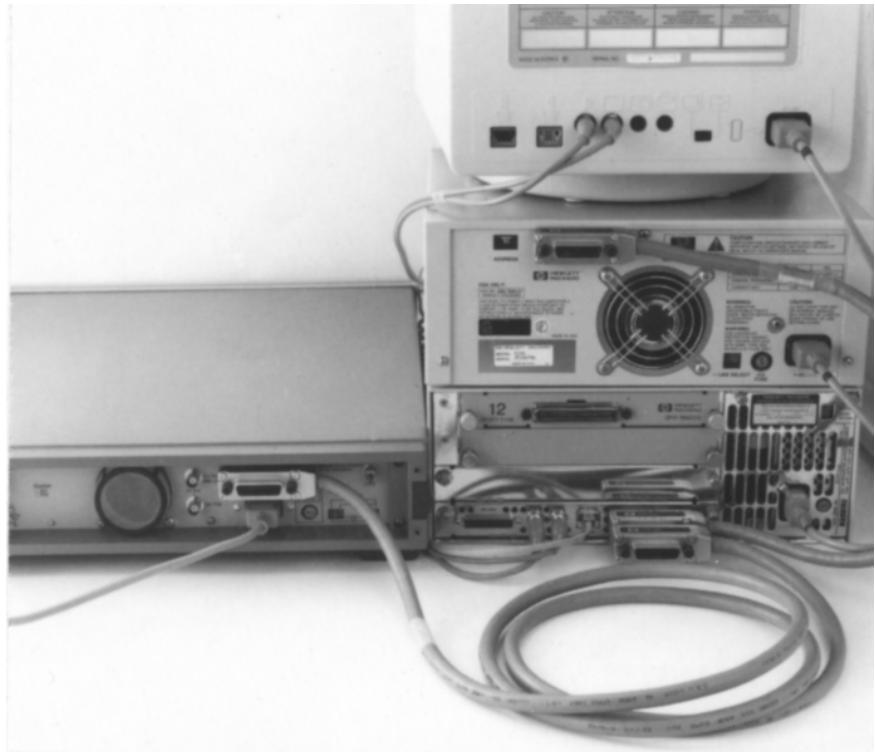
HINWEIS: Die Stecker sind von den Stiften her betrachtet. Die Form des Steckergehäuses kann auch innerhalb eines Landes variieren.

\*Nur diese Netzkabel sind CSA-zertifiziert.

**Abbildung 1-3** Netzkabel

## Anschließen des GPIB-Kabels

Schließen Sie das GPIB-Kabel<sup>[1]</sup> an die 24-polige GPIB-Schnittstelle auf der Rückwand des Multimeters an. Ziehen Sie die beiden Schrauben am Kabelsteckverbinder von Hand an. **Abbildung 1-4** zeigt eine typische GPIB-Verkabelung zwischen dem Multimeter und einem Controller.



**Abbildung 1-4** Typische GPIB-Verkabelung

[1] GPIB (General Purpose Interface Bus) ist eine Implementation der Standards IEEE 488-1978 und ANSI MC 1.1.

Bis zu 15 Geräte können am gleichen GPIB-Bus betrieben werden. Die Kabel besitzen beidseitig je eine männliche und eine weibliche Steckverbindung; dadurch lassen sich mehrere Kabel aufeinander stecken. Die Gesamtlänge aller GPIB-Kabel darf *nicht mehr als 20 Meter* oder 2 Meter pro Gerät betragen (es gilt der jeweils kleinere Wert).

### GPIB-Adresse

Sie können die GPIB-Adresse des Multimeters mit dem Befehl ADDRESS ändern. Einzelheiten hierzu siehe unter "Ändern der GPIB-Adresse" in Kapitel 2. Das Multimeter wird im Werk auf die Adresse 22 (dezimal) eingestellt. Dies entspricht den ASCII-Adresscodes 6 (Empfängeradresse) bzw. V (Senderadresse).

#### HINWEIS

Die in diesem Handbuch beschriebenen Beispiele beziehen sich auf einen unter BASIC laufenden Computer Hewlett-Packard Serie 200\300. Sie setzen den GPIB Interface Select Code 7 und die Geräteadresse 22 voraus; dies ergibt die kombinierte GPIB-Adresse 722.

### Installation des Multimeters

Das Multimeter besitzt vier Füße und kann dadurch als Tischgerät verwendet werden. Es besitzt außerdem zwei Aufstellbügel, die es ermöglichen, die Frontplatte etwas anzuheben. Alternativ kann das Gerät in ein 19-Zoll-Normgestell eingebaut werden; hierzu ist einer der in [Tabelle 1-1](#) aufgelisteten Gestelleinbausätze erforderlich.

## Überprüfung der Installation

Mit dem folgenden Programm können Sie überprüfen, ob das Multimeter ordnungsgemäß funktioniert und in der Lage ist, über den GPIB mit dem Controller zu kommunizieren.

```
10 PRINTER IS 1
20 OUTPUT 722;"ID?"
30 ENTER 722; IDENT$
40 PRINT IDENT$
50 END
```

Falls das Multimeter ordnungsgemäß installiert wurde, wird über den spezifizierten Systemdrucker die Meldung **Keysight 3458A** ausgegeben. Falls keine Meldung ausgedruckt wird, überprüfen Sie, ob das Multimeter an das Stromnetz angeschlossen und eingeschaltet ist. Überprüfen Sie außerdem die GPIB-Verkabelung, den Interface Select Code und die GPIB-Adresse des Multimeters.

## Wartung

Nachfolgend wird beschrieben, wie die Sicherungen im Multimeter ausgetauscht werden und was bei einer etwaigen Rücksendung des Gerätes an Keysight zu beachten ist.

### Austauschen der Netzsicherung

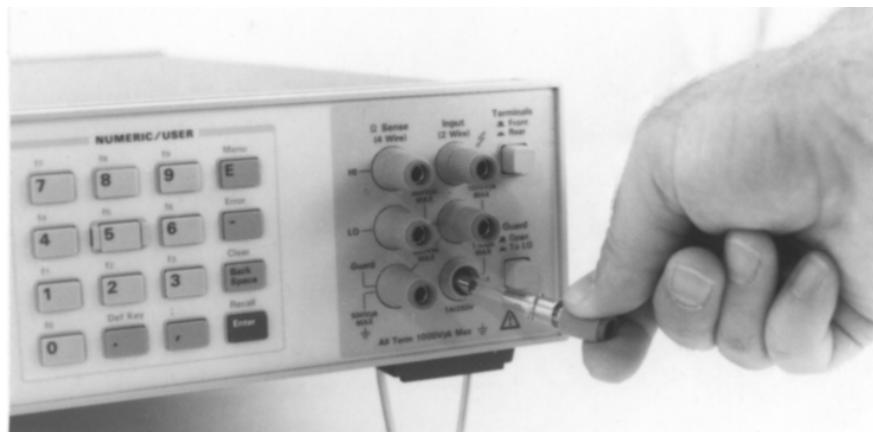
Der Netzsicherungshalter befindet sich rechts auf der Rückwand des Multimeters. Ziehen Sie vor dem Austauschen der Netzsicherung das Netzkabel aus der Steckdose. Drücken Sie die Kappe des Sicherungshalters mit einem kleinen Längsschlitz-Schraubendreher nach innen und drehen Sie sie entgegen dem Uhrzeigersinn. Nehmen Sie die Kappe mit der Sicherung heraus und ersetzen Sie die Sicherung durch eine geeignete neue (siehe [Tabelle 1-4](#)). (Die Keysight-Teilenummer für die graue Netzsicherungshalterkappe lautet 2110-0565.) Setzen Sie die neue Sicherung mitsamt Kappe in den Sicherungshalter ein und schließen Sie das Gerät wieder an das Stromnetz an.

**Tabelle 1-4** Ersatz-Netzsicherungen und Sicherungshalterkappen

| Netzspannung                | Netzsicherung                                |
|-----------------------------|--|
| 100 oder 120 VAC (Nennwert) | 1,5 A flink, Keysight-Teilenummer 2110-0043  |
| 220 oder 240 VAC (Nennwert) | 500 mA träge, Keysight-Teilenummer 2110-0202 |

## Austauschen einer Stromeingangssicherung

Die vorder- und rückseitigen Stromeingänge (mit "I" gekennzeichnet) sind jeweils durch eine Schmelzsicherung geschützt. Um Zugang zu der Sicherung zu erhalten, müssen Sie die Kappe der Stromanschlussklemme entgegen dem Uhrzeigersinn bis zum Anschlag drehen. Drücken Sie dann die Kappe nach innen und drehen Sie sie im Uhrzeigersinn. Danach können Sie die komplette Anschluss-/Sicherungsbaugruppe herausnehmen (siehe Abbildung 1-5). Falls erforderlich, ersetzen Sie die Sicherung gegen eine neue Sicherung 1A / 250V flink (Keysight-Teilenummer 2110-0001). (VORSICHT: verwenden Sie zur Absicherung des Stromeingangs keinesfalls eine träge Sicherung; dadurch könnte das Multimeter beschädigt werden.) Setzen Sie die Anschluss-/Sicherungsbaugruppe wieder ein, drücken Sie sie nach innen und drehen Sie sie entgegen dem Uhrzeigersinn fest.



**Abbildung 1-5** Stromanschluss-/Sicherungsbaugruppe

## Reparaturservice

Im Falle eines Defekts können Sie das Multimeter in einem Service-Zentrum von Keysight Technologies reparieren lassen, unabhängig davon, ob noch Gewährleistung besteht oder nicht. Setzen Sie sich wegen der Versandmodalitäten vor dem Rückversand des Gerätes mit dem nächstgelegen Keysight-Vertriebsbüro in Verbindung.

## Seriennummern

Keysight-Messgeräte werden durch eine zweiteilige, aus zehn Zeichen bestehende Seriennummer identifiziert. Die Seriennummer hat das Format 0000A00000. Die ersten vier Ziffern sind für alle Produkte gleich. Sie ändern sich bei Produktänderungen. Der Buchstabe ist ein Code für das Ursprungsland. "A" steht für die USA. Die letzten fünf Ziffern bilden eine fortlaufende Nummer und sind von Gerät zu Gerät unterschiedlich. Das Seriennummernetikett des Multimeters befindet sich rechts neben den rückseitigen Anschlüssen.

## Versandhinweise

Falls Sie das Multimeter versenden müssen, verwenden Sie zur Vermeidung von Transportschäden die Originalverpackung oder eine gleichwertige Verpackung. Transportschäden unterliegen nicht der Gewährleistung. Bringen Sie an dem Gerät einen Aufkleber an, aus dem der Eigentümer und die erforderliche Service- oder Reparaturleistung hervorgehen. Vermerken Sie auf diesem Aufkleber auch die Modell- und Seriennummern des Gerätes. Wir empfehlen Ihnen, eine Transportversicherung abzuschließen.

## 2 Einführung in die Bedienung

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| Einführung                         | 50 |
| Vor dem Anschluss an das Stromnetz | 51 |
| Einschalten                        | 52 |
| Manuelle Bedienung                 | 56 |
| Fernsteuerungsbetrieb              | 79 |

## Einführung

Dieses Kapitel wendet sich an Benutzer, die noch keine Erfahrung mit diesem Multimeter haben. Es wird gezeigt, wie das Multimeter manuell bedient wird und wie Sie es mit Hilfe eines Computers fernsteuern können. In den Abschnitten über die manuelle Bedienung finden Sie Informationen über wichtige Themen wie Einschalt-Zustand, Display-Anzeigen und die verschiedenen Möglichkeiten zum Wählen oder Eingeben von Parametern, außerdem wird die Durchführung einer einfachen Gleichspannungsmessung beschrieben. Wegen dieser wichtigen allgemeinen Informationen sollten Sie auch dann das ganze Kapitel lesen, wenn Sie das Multimeter vorwiegend in einem computergesteuerten System einsetzen möchten.

## Vor dem Anschluss an das Stromnetz

- Stellen Sie sicher, dass die Netzspannungswahlschalter auf der Rückwand des Multimeters auf die örtliche Netzspannung eingestellt sind.
- Stellen Sie sicher, dass eine passende Netzsicherung eingesetzt ist.

Falls Sie Fragen zur Installation oder zu den Netzspannungsanforderungen haben, schlagen Sie bitte in **Kapitel 1** nach.

## Einschalten

Drücken Sie zum Einschalten des Multimeters die Taste Power auf der Frontplatte des Gerätes. Falls das Multimeter daraufhin nicht eingeschaltet zu sein scheint, überprüfen Sie, ob es ordnungsgemäß am Stromnetz angeschlossen ist. Ist dies der Fall, so ziehen Sie das Netzkabel aus der Steckdose und überprüfen Sie die Netzsicherung sowie die Einstellung der Netzspannungswahlschalter.

### Einschalt-Selbsttest

Nach dem Einschalten führt das Gerät einen eingeschränkten Selbsttest durch. Dabei wird lediglich überprüft, ob das Multimeter funktionsfähig ist; eine vollständige Verifikation der Messgenauigkeit ist nicht Bestandteil dieses Tests.

### Einschalt-Zustand

Nach Abschluss des Einschalt-Selbsttests piept das Multimeter einmal. Danach befindet es sich in dem folgenden Zustand: automatische Triggerung, automatische Bereichswahl, Gleichspannungsmessung. Viele Gerätefunktionen werden beim Einschalten des Gerätes initialisiert, d. h. in einen vordefinierten Einschalt-Zustand gebracht; siehe hierzu **Tabelle 2-1**.

**Tabelle 2-1** Power-on state

| Befehl/Parameter  | Beschreibung   |
|-------------------|--|
| ACBAND 20, 2E6    | AC-Bandbreite 20 Hz - 2 MHz                          |
| AZERO ON          | Autozero-Funktion aktiviert                          |
| DCV AUTO          | Gleichspannungsmessung, automatische Bereichswahl    |
| DEFEAT OFF        | Defeat-Funktion deaktiviert                          |
| DELAY -1          | Standard-Verzögerungswert                            |
| DISP ON           | Display aktiviert                                    |
| EMASK 32767       | Alle Fehlerbedingungen aktiviert                     |
| END OFF           | GPIB-EOI-Funktion deaktiviert                        |
| EXTOUT ICOMP, NEG | EXTOUT-Signal: negativer Impuls bei "Input complete" |

**Tabelle 2-1** Power-on state (Fortsetzung)

| Befehl/Parameter  | Beschreibung   |
|-------------------|--|
| FIXEDZ OFF        | Fester Eingangswiderstand deaktiviert  |
| FSOURCE ACV       | Frequenz- und Periodenquelle: ACV  |
| INBUF OFF         | Eingangspuffer deaktiviert   |
| LEVEL 0, AC       | Pegeltriggerung bei 0%, AC-gekoppelt   |
| LFILTER OFF       | Pegelfilter deaktiviert  |
| LFREQ 50 oder 60  | Gemessene Netzfrequenz, auf 50 oder 60 Hz gerundet   |
| LOCK OFF          | Tastatur aktiviert   |
| MATH OFF          | Echtzeit-Mathematik-Funktionen deaktiviert   |
| MEM OFF           | Messwertspeicher deaktiviert (letzte Speicheroperation = FIFO)   |
| MFORMAT SREAL     | Datenformat für Messwertspeicher: "single real"  |
| MMATH OFF         | Post-Processing-Mathematik-Funktionen deaktiviert  |
| NDIG 7            | Display-Auflösung 7,5 Stellen  |
| NPLC 10           | Integrationszeit 10 Netzspannungszyklen  |
| NRDGS 1, AUTO     | 1 Messwert pro Trigger, Auto-Sample-Ereignis   |
| OCOMP OFF         | Offset-kompensierte Widerstandsmessung deaktiviert   |
| OFORMAT ASCII     | Ausgabeformat ASCII  |
| QFORMAT NORM      | Abfrageformat "normal"   |
| RATIO OFF         | Verhältnismessung deaktiviert  |
| RQS 0 (oder 8)    | 0 deaktiviert Statusregisterbedingungen (falls beim Ausschalten des Gerätes POWER ON SRQ aktiv war, beträgt der Wert 8). |
| SETACV ANA        | ACV-Modus "Analog"   |
| SLOPE POS         | Positive Flanke für Pegeltriggerung  |
| SSRC LEVEL, AUTO  | "Sync Source"-Ereignis = LEVEL AUTO  |
| SWEEP IOOE-9,1024 | Abtastintervall 100 ns, 1024 Samples   |
| TARM AUTO         | Triggerfreigabeereignis AUTO   |
| TBUFF OFF         | Extern-Trigger-Pufferung deaktiviert   |

**Tabelle 2-1** Power-on state (Fortsetzung)

| Befehl/Parameter                               | Beschreibung          |           |          |          |
|--|-----------------------|-----------|----------|----------|
| TIMER 1  | Timer-Intervall 1 s   |           |          |          |
| TRIG AUTO                                      | Auto-Trigger-Ereignis |           |          |          |
| <b>Alle Math-Register auf 0 gesetzt außer:</b> |                       |           |          |          |
| DEGREE = 20                                    | REF = 1               | SCALE = 1 | RES = 50 | PERC = 1 |

## Das Display

Im Einschalt-Zustand des Gerätes wird das Display kontinuierlich (d. h. nach jedem neuen DC-Spannungsmesswert) aktualisiert. Am unteren Rand des Displays befinden sich diverse Anzeigen. Diese Anzeigen signalisieren eine Vielzahl von Bedingungen. Beispielsweise blinkt die **SMPL**-Anzeige, wenn die Erfassung eines Messwertes abgeschlossen ist. **Tabelle 2-2** beschreibt die Bedeutungen der einzelnen Anzeigen.

**Tabelle 2-2** Display-Anzeigen

| Display-Anzeige | Beschreibung  |
|-----------------|---|
| SMPL            | Blinkt, wenn die Erfassung eines Messwertes abgeschlossen ist   |
| REM             | Das Multimeter befindet sich im GPIB-Fernsteuerungsbetrieb  |
| SRQ             | Das Multimeter hat eine GPIB-Bedienungsanforderung gesendet   |
| TALK            | Das Multimeter wurde als Sender adressiert  |
| LSTN            | Das Multimeter wurde als Empfänger adressiert   |
| AZERO OFF       | Autozero-Funktion deaktiviert   |
| MRNG            | Automatische Bereichswahl deaktiviert (fester Messbereich)  |
| MATH            | Eine oder zwei Echtzeit- oder Post-Processing-Math-Operationen aktiviert  |
| ERR             | Es wurde ein Fehler erkannt   |
| SHIFT           | Die Shift-Taste wurde gedrückt  |
| MORE INFO       | Es sind weitere Informationen zur aktuellen Konfiguration verfügbar<br>(mit der Pfeil-rechts-Taste können Sie die zusätzlichen Informationen sichtbar machen) |

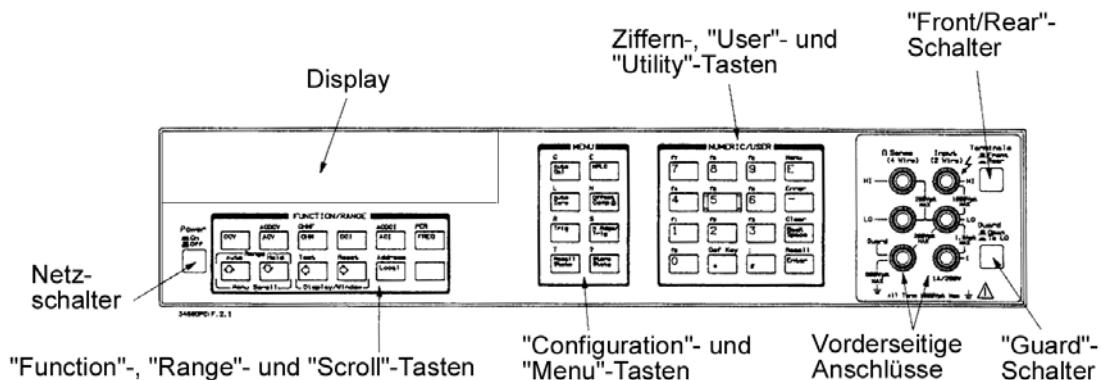
**HINWEIS**

Falls die **ERR**-Anzeige zu diesem Zeitpunkt leuchtet, wurde während oder nach dem Einschalt-Selbsttest ein Fehler entdeckt. Im Kapitel "**Auslesen des Fehlerregisters**" (weiter unten) wird beschrieben, wie Sie den Fehler bestimmen können.

---

## Manuelle Bedienung

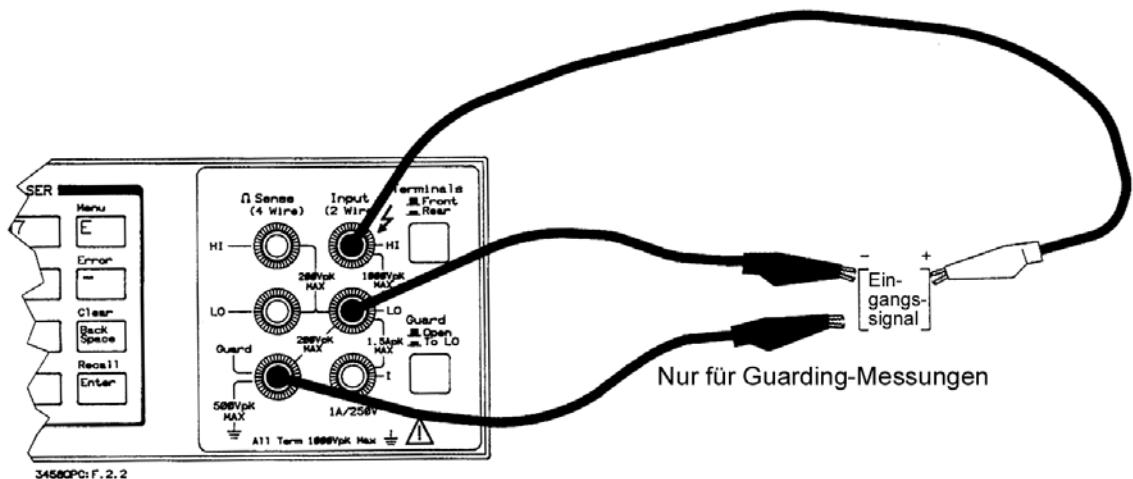
In diesem Abschnitt wird gezeigt, wie man einfache Gleichspannungsmessungen durchführt und wie die diversen Frontplattentasten benutzt werden. Außerdem werden die für die manuelle Bedienung relevanten Multimeterfunktionen beschrieben. **Abbildung 2-1** zeigt die Frontplatte des Multimeters.



**Abbildung 2-1** Frontplatte

## Durchführung einer Messung

Im Einschalt-Zustand ist die Messfunktion DCV (Gleichspannungsmessung) mit automatischer Triggerung und automatischer Bereichswahl aktiv. Um Gleichspannungsmessungen durchzuführen, brauchen Sie einfach nur eine Gleichspannungsquelle gemäß [Abbildung 2-2](#) an die Eingangsklemmen des Gerätes anzuschließen. Das in [Abbildung 2-2](#) gezeigte Anschlusschema gilt auch für die Messfunktionen ACV (Wechselspannungsmessung), 2-Draht-Widerstandsmessung, AC+DCV (Wechsel- plus Gleichspannungsmessung), Digitalisierung sowie Frequenz- oder Periodenmessung an einer Spannungsquelle. Achten Sie darauf, dass die maximal zulässige Eingangsspannung und der maximal zulässige Eingangsstrom nicht überschritten werden; siehe hierzu den VORSICHT-Hinweis in [Kapitel 3](#).



**Abbildung 2-2** Normale 2-Draht- (plus Guard) Messungen

## Wahl der Messfunktion

Die Tastenreihe unmittelbar unterhalb des Displays (**FUNCTION**-Tasten) dienen zur Wahl der Standardmessfunktionen des Multimeters. [Abbildung 2-3](#) zeigt die **FUNCTION**-Tasten und die zugeordneten Messfunktionen.

| Taste | Beschreibung                 |
|-------|------------------------------|
| DCV   | Gleichspannungsmessungen     |
| ACV   | Wechselspannungsmessungen    |
| OHM   | 2-Draht-Widerstandsmessungen |
| DCI   | Gleichstrommessungen         |
| ACI   | Wechselstrommessungen        |
| FREQ  | Frequenzmessungen            |
| ACDCV | AC+DC-Spannungsmessungen     |
| ACDCV | ACV                          |
| OHMF  | 4-Draht-Widerstandsmessungen |
| OHMF  | OHM                          |
| ACDCI | AC+DC-Strommessungen         |
| ACDCI | ACI                          |
| PER   | Periodenmessungen            |
| FREQ  |                              |

**Abbildung 2-3** Function keys

Außer den mit den **FUNCTION**-Tasten zu wählenden Standardmessfunktionen bietet das Multimeter noch eine Reihe erweiterter Messfunktionen: Digitalisierung nach dem "Direct-Sampling"- oder "Sub-Sampling"-Verfahren, Verhältnismessung und AC oder AC+DC nach dem "Synchronous-Sampling"- oder "Random-Sampling"-Verfahren. Diese Funktionen werden durch Eingabe entsprechender Befehle gewählt, die über die alphabetischen Menü-Tasten zugänglich sind. (Diese Tasten werden weiter unten unter "**Benutzung der MENU-Tasten**" beschrieben). Weitere Informationen über Messfunktionen und -verfahren finden Sie in **Kapitel 1**.

## Automatische und manuelle Bereichswahl

Im Einschalt-Zustand wählt das Multimeter automatisch den passenden Messbereich. Dies wird als Autorange-Funktion bezeichnet. In vielen Fällen werden Sie die automatische Bereichswahl beibehalten wollen. Alternativ stehen zwei weitere Bereichswahlfunktionen zur Auswahl: "Hold" und "Manual".

### "Hold"

Durch "Hold" können Sie die automatische Bereichswahl deaktivieren. Drücken Sie, nachdem die Autorange-Funktion einen Bereich gewählt hat:



### HINWEIS

Wenn Sie die blaue "Shift"-Taste drücken, leuchtet die Display-Anzeige **SHIFT** auf. Die Shift-Funktionen der Tasten (zweite Tastaturebene) sind oberhalb der Tasten in blauer Farbe aufgedruckt.

Beachten Sie, dass die **MRNG**-Anzeige ("manual range", manuelle Bereichswahl) leuchtet. Diese Anzeige leuchtet immer, wenn die Autorange-Funktion inaktiv ist.

## Manuelle Bereichswahl

Die zweite Alternative ist die manuelle Bereichswahl. Wenn das Multimeter sich in der Messbetriebsart befindet (d. h. wenn es Messungen durchführt und deren Ergebnis anzeigt, oder wenn die Überlastungsanzeige OVLD leuchtet), können Sie den Bereich durch Drücken der Pfeil-oben- oder Pfeil-unten-Taste umschalten. Um in einen höheren Bereich umzuschalten, drücken Sie:



Durch wiederholtes Drücken der Pfeil-oben-Taste können Sie schrittweise bis in den obersten Bereich umschalten. Wenn der oberste Bereich erreicht ist, ändert sich der Bereich bei nochmaliger Betätigung der Pfeil-oben-Taste nicht mehr. Um in einen niedrigeren Bereich umzuschalten, drücken Sie:



Durch wiederholtes Drücken der Pfeil-unten-Taste können Sie schrittweise bis in den untersten Bereich umschalten. Wenn der unterste Bereich erreicht ist, ändert sich der Bereich bei nochmaliger Betätigung der Pfeil-unten-Taste nicht mehr. Um zur automatischen Bereichswahl zurückzukehren, drücken Sie:



## Selbsttest

Nach dem Einschalten führt das Gerät einen eingeschränkten Selbsttest durch. Bevor Sie mit Ihren Messungen beginnen, möchten Sie sich vielleicht davon überzeugen, dass das Multimeter ordnungsgemäß funktioniert. Hierfür gibt es den Selbsttest. Der Selbsttest umfasst eine Reihe von Prozeduren zur Verifikation der Funktionsfähigkeit und Genauigkeit des Multimeters.

### HINWEIS

Trennen Sie stets alle Eingangssignale ab, bevor Sie den Selbsttest starten. Falls während des Selbsttests ein Eingangssignal vorhanden ist, kann dies einen Selbsttestfehler verursachen.

Der Selbsttest dauert mehr als 50 Sekunden. Drücken Sie zum Starten des Selbsttests:



Wenn der Selbsttest fehlerfrei verläuft, wird folgende Meldung angezeigt:

## SELFTEST PASSED

Wenn das Gerät den Selbsttest erfolgreich bestehet, können Sie ziemlich sicher sein, dass das Multimeter ordnungsgemäß funktioniert und die Messgenauigkeit innerhalb der Spezifikationen liegt (vorausgesetzt, das Gerät wurde richtig kalibriert und die Autokalibrierung arbeitet korrekt).

Falls bei einer der Testroutinen ein Fehler festgestellt wird, leuchtet die **ERR**-Anzeige auf, und es wird folgende Meldung angezeigt:

## SELFTEST FAILED

Wenn der Selbsttest fehlschlägt, liegen eine oder mehrere Fehlerbedingungen vor. Siehe nächsten Abschnitt "[Auslesen des Fehlerregisters](#)".

### Auslesen des Fehlerregisters

Wenn die **ERR**-Anzeige leuchtet, wurden ein oder mehrere Fehler entdeckt. Etwaige Hardware-Fehlermeldungen werden im Hilfs-Fehlerregister ("auxiliary error register") abgespeichert. Etwaige Programmier- oder Syntax-Fehlermeldungen werden im Fehlerregister ("error register") abgespeichert. Drücken Sie zum Auslesen des Fehlerregisters oder der Fehlerregister:



Daraufhin werden der Fehler mit der jeweils niedrigsten Nummer sowie eine Fehlerbeschreibung angezeigt. Hier ein typisches Beispiel für eine Fehlermeldung:

## 209, "HARDWARE FAILURE-- INTERNAL OVERLOAD: 101"

Mit der Pfeil-rechts-Taste können Sie die komplette Meldung sichtbar machen. Ein Fehlernummer-Präfix im 100-er Bereich (bsw. 105) zeigt einen Programmier- oder Syntax-Fehler an. Ein Präfix im 200-er Bereich (bsw. 209) zeigt einen Hardware-Fehler an.

### HINWEIS

Im Falle eines Hardware-Fehlers (Präfix im 200-er Bereich) sollten Sie den Selbsttest wiederholen. Falls der Fehler nochmals auftritt, ist das Multimeter wahrscheinlich defekt und muss repariert werden.

Falls die **ERR**-Anzeige immer noch leuchtet, sind noch weitere Fehlermeldungen gespeichert. Wiederholen Sie die obige Tastenfolge so oft, bis alle Fehlermeldungen ausgelesen wurden und die **ERR**-Anzeige nicht mehr leuchtet. Nach dem Auslesen der letzten Fehlermeldung erlischt die **ERR**-Anzeige. Falls Sie anschließend versuchen, noch eine weitere Fehlermeldung auszulesen, wird folgende Meldung angezeigt:

## 0, NO "ERROR"

Fehler können auch außerhalb eines Selbsttests auftreten. Das Multimeter erkennt auch Fehler während der Dateneingabe, während einer Funktions- oder Bereichsumschaltung usw. Jedesmal, wenn das Multimeter einen Fehler erkennt, piepst es.

Wenn Sie eine im Display angezeigte Information (beispielsweise eine Fehlerbeschreibung) löschen und auf normale Messwertanzeige umschalten möchten, drücken Sie:



### HINWEIS

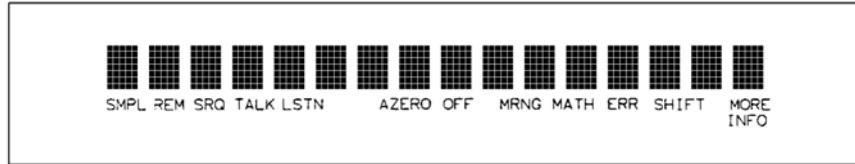
Alternativ können Sie das Display löschen, indem Sie wiederholt die **Back Space**-Taste (ohne "Shift") drücken.

## Zurücksetzen des Multimeters in den Einschalt-Zustand

Bei der Arbeit mit dem Multimeter kommt es häufig vor, dass Sie das Gerät in den Einschalt-Zustand zurücksetzen möchten. Durch Drücken der **Reset**-Taste können Sie das Multimeter in den Einschalt-Zustand zurücksetzen, ohne es aus- und wieder einzuschalten. Drücken Sie zum Zurücksetzen des Multimeters:



Die Reset-Prozedur beginnt mit einem Display-Test, bei dem alle Display-Elemente einschließlich der Anzeigen leuchten (siehe [Abbildung 2-4](#)). (Solange die **Reset**-Taste gedrückt ist, wird der Display-Test kontinuierlich wiederholt).



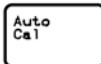
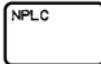
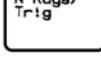
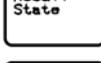
**Abbildung 2-4** Display-Test

### VORSICHT

Wenn Sie gleichzeitig die "**Shift**"-Taste und die "**Reset**"-Taste drücken, führt das Gerät die Einschaltsequenz aus; dies hat die gleiche Wirkung, wie wenn Sie das Multimeter aus- und wieder einschalten. Gespeicherte Messwerte und komprimierte Unterprogramme gehen verloren, und das "Power-on SRQ"-Statusregisterbit wird zurückgesetzt (diese Funktionen werden in einem späteren Kapitel beschrieben). Außerdem wird die A/D-Wandler Referenzfrequenz zurückgesetzt, und das Gerät führt den Einschalt-Selbsttest aus. Wenn Sie im alphabetischen Befehlsmenü (**MENU**-Tasten) den RESET-Befehl wählen, wird das Multimeter in den Einschalt-Zustand zurückgesetzt, ohne dass die Einschaltsequenz durchlaufen wird. Die **MENU**-Tasten werden weiter unten in diesem Kapitel beschrieben.

## Benutzung der Konfigurationstasten

Über die Konfigurationstasten (erste Ebene der **MENU**-Tasten) können Sie schnell auf die am häufigsten benötigten Multimeterfunktionen zugreifen. [Abbildung 2-5](#) zeigt die einzelnen Tasten, den jeweils entsprechenden Multimeterbefehl und die jeweilige Tastenfunktion. (Diese Funktionen werden in den [Kapitel 3](#) und [Kapitel 4](#) ausführlich beschrieben.)

| Taste   | Befehl | Beschreibung  |
|---|--------|---|
|    | ACAL   | Ausführung der spezifizierten oder aller ACAL-Routinen.<br>(Die Ausführung aller Routinen dauert länger als 11 Minuten.<br>Eine laufende Autokalibrierung darf auf keinen Fall durch<br>einen Reset unterbrochen werden, sondern muss<br>unbedingt zu Ende geführt werden.) |
|    |        | Vorgabe der Integrationszeit in der Einheit "Anzahl von<br>Netzspannungszyklen".  |
|    |        | "Autozero"-Funktion ein/aus   |
|    |        | Offset-Kompensation für 2- oder 4-Draht-Widerstandsmessungen<br>ein/aus   |
|   |        | Vorgabe des Triggerereignisses  |
|  |        | Vorgabe der Anzahl von Messungen pro tree, Vorgabe des<br>Abtastereignisses   |
|  |        | Wiederabruf eines zuvor abgespeicherten Zustands  |
|  |        | Abspeicherung des aktuellen Zustands  |

**Abbildung 2-5** Konfigurationstasten

Die Benutzung der Konfigurationstasten soll am Beispiel der **Trig**-Taste demonstriert werden. Drücken Sie:



Im Display wird folgendes angezeigt:

**TRIG █**

Dies ist der Header des Triggerbefehls. Nach dem Header wird automatisch ein Leerzeichen eingefügt.

### Wählen eines Parameters

Bei (nicht-numerischen) Parametern, die nur bestimmte Werte annehmen können, können Sie die verfügbaren Werte mit den Pfeil-oben- und Pfeil-unten-Tasten nacheinander aus einer Auswahlliste abrufen. Drücken Sie:



Im Display wird folgendes angezeigt:

**TRIG LEVEL █**

Drücken Sie:



Im Display wird folgendes angezeigt:

**TRIG AUTO █**

Die Auswahlliste ist zyklisch organisiert: Wenn Sie mit der Pfeil-oben- oder Pfeil-unten-Taste über den letzten (oder ersten) Wert der Liste "hinausfahren", erfolgt ein "Überlauf" zum anderen Ende der Liste. Angenommen, Sie möchten die Triggerung unterbrechen. Drücken Sie so oft die Pfeil-oben- oder Pfeil-unten-Taste, bis im Display folgendes angezeigt wird:

**TRIG HOLD █**

Drücken Sie:



Sie haben damit das Triggerereignis von AUTO (Standardwert) auf HOLD abgeändert; das Multimeter führt jetzt keine weiteren Messungen mehr aus. (Die Triggerung wird in [Kapitel 4](#) ausführlich beschrieben.)

### Standardwerte

Für die meisten Parameter gibt es einen Standardwert. Dies ist der Wert, der automatisch gewählt wird, wenn Sie keinen Wert explizit angeben. Der Standardwert für den TRIGGER-Parameter ist z. B. SGL. Drücken Sie:



**TRIG** ■■■

Drücken Sie:



Beachten Sie, dass das Multimeter eine Einzelmessung ausführt und dann anhält (durch den Einzeltrigger wird das Triggerereignis automatisch zu HOLD, unabhängig davon, welches Triggerereignis zuvor spezifiziert wurde). Zur Wahl des Standardwertes können Sie auch -1 eingeben. Drücken Sie:



Das Multimeter führt eine weitere Einzelmessung aus und hält dann an.

### Numerische Parameter

Einige Befehle erfordern einen numerischen Parameter, d. h. einen explizit anzugebenden Zahlenwert. Die Verwendung numerischer Parameter soll am Beispiel der NPLC-Konfigurationstaste demonstriert werden. Drücken Sie:



Im Display wird folgendes angezeigt:

NPLC ■

Beachten Sie, dass bei Betätigung der Pfeil-oben- oder Pfeil-unten-Taste kein Parameter angezeigt wird. Das bedeutet, dass für diesen Befehl kein Parameter-Auswahlmenü verfügbar ist und Sie eine Zahl eingeben müssen. Drücken Sie beispielsweise:

1 Enter

Damit haben Sie als A/D-Wandler-Integrationszeit einen Netzspannungszyklus gewählt. Die Integrationszeit ist das Zeitintervall, über das der A/D-Wandler das Eingangssignal misst. (Die Integrationszeit wird in [Kapitel 3](#) ausführlich erläutert.)

### Parameter im Exponentialformat

Sie können numerische Parameter auch im Exponentialformat eingeben. Drücken Sie beispielsweise:

NPLC 1 0 0 E - 3 Enter

Damit haben Sie als Integrationszeit 0,1 Netzspannungszyklen gewählt. Stellen Sie die Integrationszeit jetzt wieder auf 10 Netzspannungszyklen ein. Drücken Sie hierzu:

Reset  
➡

### Mehrere Parameter

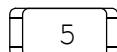
Viele Befehle erfordern mehr als einen Parameter. (Mehrere Parameter werden durch Kommas voneinander getrennt.) Ein typisches Beispiel hierfür ist der Befehl NRDGS, der zwei Parameter erfordert. Drücken Sie:

N RDGS  
Trig

Im Display wird folgendes angezeigt:

**NRDGS** ■

Der erste Parameter des Befehls NRDGS ist ein numerischer Parameter, der die Anzahl der pro Triggerereignis auszuführenden Messungen spezifiziert. Folgender Befehl, beispielsweise, spezifiziert fünf Messungen pro Triggerereignis:

 5 

Im Display wird folgendes angezeigt:

**NRDGS 5,** ■

Der zweite Parameter des Befehls NRDGS spezifiziert das Triggerereignis, d. h. das Ereignis, das die Messfolge auslöst. Da dies kein numerischer Parameter ist, kann der Wert aus einem Menü gewählt werden. Mit der Pfeil-oben- oder Pfeil-unten-Taste können Sie die Liste der verfügbaren Alternativen "durchblättern". Wählen Sie:

**NRDGS 5, AUTO** ■

Drücken Sie zum Ausführen des Befehls:

 Enter

Das Multimeter führt jetzt fünf Messungen pro Triggerereignis aus. Wenn Sie, beispielsweise, den Befehl TRIG SGL eingeben, führt das Multimeter fünf Messungen aus und hält dann an. (Der Befehl NRDGS wird in [Kapitel 4](#) ausführlich beschrieben.)

## Benutzung der MENU-Tasten

### Benutzung der MENU-Tasten

Zusätzlich zu den Konfigurationstasten besitzt das Multimeter ein alphabetisches Befehlsmenü, auf das Sie über die "Shift"-**MENU**-Tasten **C**, **E**, **L**, **N**, **R**, **S**, und **T** zugreifen können. Mit diesen Tasten gelangen Sie jeweils zu dem Bereich des Befehlsmenüs, dessen Befehle mit dem betreffenden Buchstaben anfangen. Wenn Sie beispielsweise auf das Menü mit den Befehlen zugreifen wollen, die mit "T" anfangen, drücken Sie:



Im Display wird folgendes angezeigt:

**TARM** ■■■

Jetzt können Sie mit den **Menu Scroll**-Tasten (Pfeil-oben- oder Pfeil-unten-Tasten) in alphabetischer Reihenfolge (Pfeil-unten-Taste) oder umgekehrt alphabetischer Reihenfolge (Pfeil-oben-Taste) durch das Menü "blättern". Wenn Sie beispielsweise, von der obigen Anzeige TARM ausgehend, einmal die Pfeil-unten-Taste drücken, wird der in alphabetischer Reihenfolge nächste Befehl (TBUFF) angezeigt. (Wenn Sie die Pfeil-oben- oder Pfeil-unten-Taste gedrückt lassen, repetiert sie automatisch; so können Sie schnell durch das Menü "hindurchblättern".) Wenn der gewünschte Befehl angezeigt wird, können Sie ihn durch Drücken der **Enter**-Taste sofort ausführen. (Falls der Befehl einen oder mehrere Parameter erfordert, werden die Standardwerte verwendet.) Falls Sie einen oder mehrere Parameter spezifizieren müssen, wählen Sie zuerst – wie beschrieben – den Befehl und drücken Sie dann die Pfeil-rechts-Taste oder die Komma-Taste (oder, falls der erste Parameter ein numerischer Parameter ist, eine Zifferntaste). Anschließend können Sie, wie oben beschrieben, den oder die gewünschten Parameter wählen bzw. über die Zifferntastatur eingeben.

Es sind zwei alphabetische Menüs verfügbar: FULL und SHORT. Mit der "Shift"-**Menu**-Taste können Sie zwischen diesen beiden Menüs wählen. Die Information, welches der beiden Menüs gewählt wurde, wird nichtflüchtig gespeichert (d. h. sie geht beim Ausschalten des Gerätes nicht verloren). Das FULL-Menü enthält alle Befehle außer den Abfragebefehlen; letztere können

durch einfaches Anfügen eines Fragezeichens an den jeweiligen Grundbefehl konstruiert werden (beispielsweise BEEP, BEEP?). (Abfragebefehle werden im nächsten Abschnitt erläutert.) Im SHORT-Menü fehlen die GPIB-spezifischen Befehle, außerdem einige Befehle, die in der manuellen Betriebsart selten benötigt werden, sowie alle Befehle, denen eine dedizierte Frontplattentaste zugeordnet ist (beispielsweise **NPLC** oder **Trig**).

### Abfragebefehle

Das alphabetische Befehlsverzeichnis enthält etliche Befehle, die mit einem Fragezeichen enden. Diese werden als Abfragebefehle bezeichnet, weil sie das Multimeter anweisen, auf eine bestimmte Frage zu antworten. Hierzu ein Beispiel: Wählen Sie im Befehlsmenü den Abfragebefehl LINE? und drücken Sie anschließend die **Enter**-Taste. Das Multimeter reagiert auf diesen Abfragebefehl, indem es die Netzfrequenz misst und anzeigt. (Mit der Pfeil-rechts-Taste können Sie die komplette Meldung sichtbar machen.) Ein weiteres Beispiel: Wählen Sie im Befehlsmenü den Abfragebefehl TEMP? und drücken Sie **Enter**. Dieser Befehl liefert die Innentemperatur des Multimeters in Grad Celsius.

### Standardabfragen

Das FULL-Befehlsmenü enthält folgende Standardabfragebefehle:

|         |         |
|---------|---------|
| AUXERR? | MCOUNT? |
| CAL?    | MSIZE?  |
| CALNUM? | OPT?    |
| ERR?    | REV?    |
| ERRSTR? | SSPARM? |
| ID?     | STB?    |
| ISCALE? | TEMP?   |
| LINE?   |         |

## Weitere Abfragebefehle

Zusätzlich zu den oben aufgelisteten Abfragebefehlen können Sie weitere Abfragebefehle konstruieren, indem Sie an einen beliebigen Befehl, der zur Programmierung des Multimeters verwendet werden kann, ein Fragezeichen anfügen. Hierzu ein Beispiel: Der Befehl AZERO (**Auto Zero**-Konfigurationstaste) aktiviert oder deaktiviert die Autozero-Funktion. Durch Anfügen eines Fragezeichens an den Befehl AZERO entsteht ein Abfragebefehl zur Bestimmung des aktuellen Zustands der Autozero-Funktion. Drücken Sie hierzu:



Das Multimeter zeigt daraufhin den aktuellen Zustand der Autozero-Funktion an (Einschalt-Zustand = ON). (Beachten Sie, dass dieser Befehl sofort ausgeführt wird; es ist nicht erforderlich, die **Enter**-Taste zu drücken.)

### HINWEIS

Mit dem Befehl QFORMAT können Sie das Format für die Antwort auf Abfragebefehle spezifizieren: numerisch, alphabetisch oder eine Kombination von numerisch und alphabetisch. Weitere Informationen hierzu siehe unter **QFORMAT** in [Kapitel 6](#).

## Display-Steuerung

Mit den Tasten "Shift"-**Clear**, **Back Space** und **Display/Window** (Pfeil-links/rechts) können Sie das Display steuern.

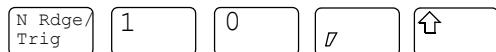
### Löschen des Displays

Wenn Sie eine im Display angezeigte Information (beispielsweise die Antwort auf einen Abfragebefehl) löschen möchten, drücken Sie:



### Editieren von Befehlen und Parametern

Mit der **Back Space**-Taste können Sie Teile eines Befehlsstrings während der Eingabe oder nach dem Zurückrufen des Strings (siehe weiter unten) editieren. Bei alphabetischen Parametern oder Befehls-Headern wird durch einmaliges Drücken der **Back Space**-Taste der gesamte Parameter oder Header gelöscht. Bei Kommas, Leerzeichen und numerischen Parametern wird bei Betätigung der **Back Space**-Taste immer nur jeweils ein Zeichen gelöscht. Drücken Sie beispielsweise:



Im Display wird folgendes angezeigt:

**NRDGS 10, LINE █**

By pressing the **Back Space** key once, the entire second parameter (LINE) is erased. The display shows:

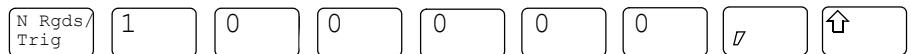
**NRDGS 10, █**

Drücken Sie noch einmal **Back Space**; dadurch wird das Komma gelöscht.

Drücken Sie **Back Space** noch zweimal; dadurch werden die beiden Ziffern (10) gelöscht. An dieser Stelle können Sie den ersten Parameter über die Zifferntastatur und den zweiten Parameter mit Hilfe der **Menu Scroll**-Tasten neu eingeben. Drücken Sie zur Ausführung des editierten Befehls die **Enter**-Taste.

## Anzeige langer Strings

Im Display können maximal 16 Zeichen eines Befehls gleichzeitig angezeigt werden; wenn Sie längere Befehle eingeben, werden nach 16 Zeichen die "älteren" Zeichen nach links "aus dem Display herausgeschoben", um Platz für die "neuen" Zeichen zu schaffen. Die **Display/Window**-Taste (Pfeil-links- und Pfeil-rechts-Taste) ermöglicht es Ihnen, den Befehlsstring nach links oder rechts zu "rollen", um die nicht sichtbaren Teile sichtbar zu machen. Mit der **Display/Window**-Taste können Sie nicht nur Befehlsstrings, sondern auch andere lange Strings wie z. B. Fehlermeldungen, den Kalibrierstring (CALSTR? command) oder benutzerdefinierte Tastendefinitionen (Einzelheiten siehe weiter unten) durch das Display "rollen". Drücken Sie beispielsweise:



Im Display wird folgendes angezeigt:

DGS 10000, LINE █

Durch Drücken der Pfeil-links-Taste können Sie den letzten Teil des Strings nach rechts "aus dem Display herausschieben", um den ersten Teil sichtbar zu machen. Anschließend können Sie durch Drücken der Pfeil-rechts-Taste den ersten Teil des Strings nach links "aus dem Display herausschieben", um den letzten Teil wieder sichtbar zu machen.

### HINWEIS

Sie können sich das Display als ein Fenster vorstellen, das Sie mit den Pfeiltasten nach links oder rechts verschieben können.

## MORE INFO-Anzeige

Wenn die **MORE INFO**-Anzeige leuchtet, sind zusätzliche Informationen verfügbar, die Sie ebenfalls mit den **Display/Window**-Tasten sichtbar machen können. Hierzu ein Beispiel: Wählen Sie aus dem alphabetischen Befehlsmenü den Befehl SETACV RNDM und geben Sie ihn ein. Drücken Sie anschließend die **ACV**-Taste. Beachten Sie, dass die **MORE INFO**-Anzeige aufleuchtet. Das bedeutet, dass mehr Informationen verfügbar sind, als angezeigt werden. Drücken Sie:

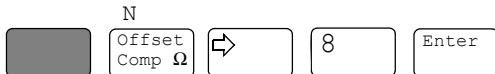


Daraufhin wird das derzeit verwendete Wechselspannungsmessverfahren (SETACV RNDM) angezeigt. Bringen Sie das Multimeter jetzt wieder in den Einschalt-Zustand. Drücken Sie hierzu:



## Messwertanzeige-Auflösung

In der Messbetriebsart können Sie die Messwertanzeige-Auflösung (Anzahl der angezeigten Dezimalstellen) ändern. Im Einschalt-Zustand werden 7,5 Stellen angezeigt, obwohl intern 8,5 Stellen verfügbar sind. Wenn alle 8,5 Stellen angezeigt werden sollen, drücken Sie:



### HINWEIS

Beim Spezifizieren der Messwertanzeige-Auflösung müssen Sie die erste Anzeigestelle (die sogenannte "halbe" Stelle) mit einbeziehen.

---

Der Befehl NDIG bewirkt lediglich, dass eine oder mehrere Dezimalstellen bei der Anzeige "maskiert" werden. Er hat keinen Einfluss auf die Auflösung der intern gespeicherten oder über den GPIB übertragenen Messwerte. Es ist nicht möglich, mehr Stellen anzuzeigen, als das Multimeter tatsächlich misst.

## Recall

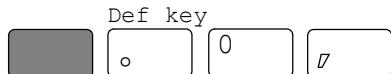
Sie können den zuletzt ausgeführten Befehl mitsamt Parameter(n) einfach zurückrufen, ohne ihn nochmals aus dem Befehlsmenü wählen zu müssen. Drücken Sie:



Im Display wird jetzt der zuletzt ausgeführte Befehl angezeigt. (Sofort ausführbare Befehle wie **Reset** oder **DCV** können nicht zurückgerufen werden; das gleiche gilt für Befehle, die den Kalibrier-Sicherheitscode enthalten.) Durch mehrmalige Wiederholung der obigen Tastenfolge können Sie nacheinander die zuletzt ausgeführten Befehle in umgekehrter Reihenfolge zurückrufen. Nach dem Zurückrufen des gewünschten Befehls können Sie diesen bei Bedarf ändern (siehe "[Editieren von Befehlen und Parametern](#)" weiter oben in diesem Abschnitt) und danach durch Drücken der **Enter**-Taste ausführen.

## Benutzerdefinierbare Tasten

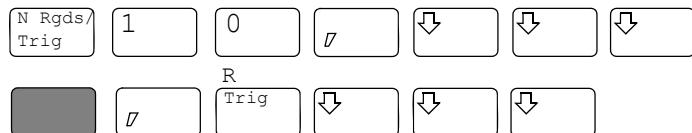
Sie können jeder der **USER**-Tasten **f0 – f9** einen String aus einem oder mehreren Befehlen zuordnen. Wenn Sie anschließend die betreffende Taste drücken, wird der zugeordnete String im Display angezeigt. (Die String-Länge ist auf 40 Zeichen-begrenzt). Anschließend können Sie den Befehl durch Drücken der **Enter**-Taste ausführen. Die Zuordnung eines Befehlsstrings zu einer der benutzerdefinierbaren Tasten erfolgt mit Hilfe der **Def Key**-Taste. Hierzu ein Beispiel: Wenn Sie die Befehle NRDGS 10,AUTO; TRIG SGL (der Strichpunkt fungiert als Befehlstrennzeichen) der benutzerdefinierbaren Taste **f0** zuordnen möchten, drücken Sie:



Im Display wird folgendes angezeigt:

**DEFKEY 0, "█**

Drücken Sie zum Eingeben des Befehls:



Drücken Sie zum Abspeichern des Strings in das Register für die benutzerdefinierbaren Tasten:



(Die beiden Befehle werden lediglich der Taste zugeordnet, aber zu diesem Zeitpunkt nicht ausgeführt). Um auf den der **f0**-Taste zugeordneten String zuzugreifen und die Befehle auszuführen, drücken Sie:



Das Multimeter führt zehn Messungen aus und hält dann an.

Um auf einen der benutzerdefinierten Strings zuzugreifen, brauchen Sie nicht die "Shift"-Taste zu drücken (es sei denn, Sie sind gerade dabei, einen Befehl einzugeben). Beispiel: Wenn Sie auf den der **f0**-Taste zugeordneten Befehlsstring zugreifen und diesen ausführen möchten, drücken Sie:

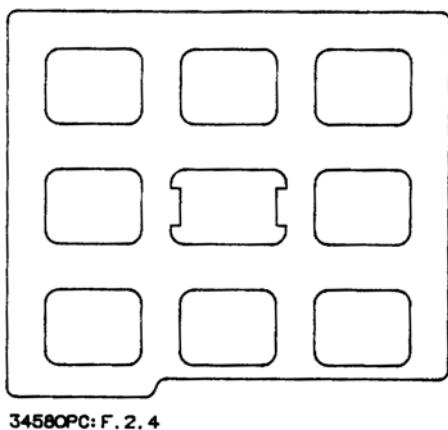


Sie können auch Befehle aus dem Befehlsmenü benutzerdefinierbaren Tasten zuordnen. Sofort ausführbare Befehle (DCV, ACV usw.) können nicht einer benutzerdefinierbaren Taste zugeordnet werden. Solche Befehle müssen Sie über die zugehörige Festfunktionstaste eingeben oder aus dem Menü wählen. Tastendefinitionen, die über die Frontplatte eingegeben wurden, können auch über die Frontplatte editiert werden. (Tastendefinitionen, die von einem Steuercomputer heruntergeladen wurden, können nicht über die Frontplatte editiert werden.) Wenn Sie einen String editieren möchten, holen Sie ihn durch Drücken der betreffenden benutzerdefinierbaren Taste ins Display und bearbeiten Sie dann wie unter "[Editieren von Befehlen und Parametern](#)" (weiter oben in diesem Kapitel) beschrieben. Drücken Sie anschließend zum Ausführen des Befehls die **Enter**-Taste. (Der ursprüngliche String bleibt weiterhin der Taste zugeordnet.) Es ist nicht möglich, einen editierten String nochmals einer

benutzerdefinierbaren Taste zuzuordnen. Wenn Sie eine Tastendefinition ändern möchten, müssen Sie die oben beschriebenen Schritte wiederholen.

### Anbringen der Tastaturschablone

**Abbildung 2-6** zeigt die Schablone für über die **USER**-Tasten. Sie können diese Schablone mit der jeweiligen Tastenbelegung beschriften.



**Abbildung 2-6** Tastaturschablone (Keysight-Teilenummer 03458-84303)

Die Schablone wird durch zwei Laschen festgehalten, die sich um den "Kragen" der Zifferntaste **5** legen. Setzen Sie die linke Lasche der Schablone in die linke Seite des Kragens der Taste ein. Biegen Sie dann die Schablone, wie in **Abbildung 2-7** gezeigt, und drücken Sie die rechte Lasche in den Kragen.



**Abbildung 2-7** Anbringen der Tastaturschablone

## Fernsteuerungsbetrieb

Dieser Abschnitt enthält grundlegende Informationen über die GPIB-Fernsteuerung des Multimeters. Insbesondere werden folgende Themen behandelt: Abfragen und Ändern der GPIB-Adresse, Senden eines Befehls an das Multimeter, und Einlesen von Multimeter-Messwerten in den Steuercomputer.

### Ein-/Ausgabe-Befehle

Die zur Fernsteuerung des Multimeters erforderlichen Befehle sind vom jeweiligen Steuercomputer und dessen Programmiersprache abhängig. Insbesondere müssen Sie wissen, wie die computerspezifischen Befehle für die Ein- und Ausgabe von Daten lauten. Die Dateneingabebefehle für die BASIC-Programmiersprache der Computerfamilie HP 200/300 lauten beispielsweise:

**ENTER oder TRANSFER**

Der Ausgabebefehl lautet:

**OUTPUT**

Lesen Sie in der Dokumentation zu Ihrem Computer nach, welche Befehle Sie verwenden müssen. Die Beispiele in diesem Handbuch beziehen sich auf BASIC für die Computerfamilie HP 200/300.

### Überprüfen der GPIB-Adresse

Bevor Sie das Multimeter fernsteuern können, müssen Sie dessen GPIB-Adresse kennen (Standardwert = 22). Drücken Sie zur Überprüfung der Adresse :



Hier eine typische Anzeige:

**ADDRESS 22 ■**

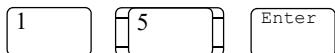
Bei dem im Display angezeigten Wert handelt es sich um die Geräteadresse. Wenn Sie einen Fernsteuerungsbefehl senden, müssen Sie diese Adresse an den GPIB Interface Select Code (normalerweise 7) der Schnittstellenkarte im Computer anfügen. Wenn der Interface Select Code beispielsweise 7 lautet und die Geräteadresse 22, lautet die vollständige Adresse 722.

## Ändern der GPIB-Adresse

Jedes Gerät am GPIB muss eine eindeutige Adresse haben. Falls Sie die Adresse des Multimeters ändern müssen, wählen Sie aus dem Befehlsmenü (**MENU**-Tasten) den Befehl ADDRESS. Im Display wird folgendes angezeigt:

**ADDRESS █**

Geben Sie anschließend die neue Adresse ein. Drücken Sie beispielsweise:



Sie haben damit die Adresse auf 15 abgeändert. Wenn Sie die Adresse wieder auf 22 abändern möchten, wiederholen Sie die obige Prozedur (oder drücken Sie die **Recall**-Taste) und geben Sie 22 statt 15 ein.

## Senden eines Fernsteuerungsbefehls

Wenn Sie einen Fernsteuerungsbefehl zum Multimeter senden möchten, müssen Sie den computerspezifischen Ausgabebefehl mit dem GPIB Interface Select Code, der Geräteadresse des Multimeters und dem gewünschten Multimeterbefehl kombinieren. Hier als Beispiel der Befehl zur Ausgabe eines Pieptons:

**OUTPUT 722; "BEEP"**

Beachten Sie, dass die Anzeigen **REM** und **LSTN** aufleuchten. Das bedeutet, dass das Multimeter sich im Fernsteuerungsbetrieb befindet und als Empfänger adressiert wurde.

## Einlesen von Daten aus dem Multimeter

Das Multimeter kann Messwerte und Antworten auf Abfragebefehle ausgeben. Der folgende Befehl, beispielsweise, veranlasst das Multimeter zur Ausgabe einer Antwort:

**OUTPUT 722;"ID?"**

Wenn das Multimeter einen Abfragebefehl über den GPIB empfängt, wird die resultierende Antwort (anders als in der manuellen Betriebsart) nicht im Display angezeigt. Stattdessen überträgt das Multimeter die Antwort in seinen Ausgangspuffer. Der Ausgangspuffer ist ein spezielles Speicherregister, das eine Antwort auf einen Abfragebefehl oder einen einzelnen Messwert so lange zwischenspeichert, bis diese Daten vom Steuercomputer ausgelesen oder vom Multimeter durch neue Daten ersetzt werden. Mit dem Eingabebefehl des Steuercomputers können Sie den Inhalt des Multimeter-Ausgangspuffers in den Steuercomputer einlesen. Das folgende Programm, beispielsweise, liest die von Keysight 3458A ausgegebene Antwort ein und druckt sie aus.

```
10 ENTER 722;A$  
20 PRINT A$  
30 END
```

Auf die gleiche Weise können Sie auch Messwerte aus dem Multimeter auslesen. Wenn das Multimeter sich in der Messbetriebsart befindet und der Messwertspeicher (siehe [Kapitel 4](#)) inaktiv ist, können Sie mit dem folgenden Programm einen einzelnen Messwert einlesen.

```
10 ENTER 722;A  
20 PRINT A  
30 END
```

### "Local"-Taste

Wenn Sie am Multimeter eine Taste drücken, während das Gerät sich im Fernsteuerungsbetrieb befindet, reagiert das Multimeter nicht. Im Fernsteuerungsbetrieb (**REM**-Anzeige leuchtet) ignoriert das Multimeter alle Tasten außer **Local**. Um das Multimeter wieder in die manuelle Betriebsart zu schalten, drücken Sie:



# 3 Konfigurieren des Multimeters für Messungen

|   |     |
|---|-----|
| Einführung                                      | 84  |
| Allgemeine Konfiguration                        | 85  |
| Konfigurieren für DC- oder Widerstandsmessungen | 97  |
| Konfigurieren für AC-Messungen                  | 111 |
| Konfigurieren für Verhältnismessungen           | 124 |
| Benutzung des Unterprogrammspeichers            | 126 |
| Benutzung des Zustandsspeichers                 | 131 |
| Benutzung des Eingangspuffers                   | 133 |
| Benutzung des Statusregisters                   | 134 |

## Einführung

In diesem Kapitel wird beschrieben, wie Sie das Multimeter für alle Arten von Messungen außer Digitalisierung konfigurieren.<sup>[1]</sup> Außerdem erfahren Sie, wie man Unterprogramme, den Zustandsspeicher, den Eingangspuffer und das Statusregister benutzt. Nachdem Sie in diesem Kapitel gelernt haben, das Multimeter für Ihre Anwendung zu konfigurieren, erfahren Sie in [Kapitel 4](#), wie man Messungen triggert und Messwerte in den internen Messwertspeicher oder den GBIB-Ausgangspuffer überträgt. Dieses Kapitel ist in folgende größere Abschnitte gegliedert:

- Allgemeine Konfiguration
- Konfigurieren für DC- oder Widerstandsmessungen
- Konfigurieren für AC-Messungen
- Konfigurieren für Verhältnismessungen
- Benutzung des Unterprogrammspeichers
- Benutzung des Zustandsspeichers
- Benutzung des Eingangspuffers
- Benutzung des Statusregisters

[1] Dieses Kapitel befasst sich nicht explizit mit der Digitalisierer-Funktion; allerdings gelten die meisten Informationen unter "[Allgemeine Konfiguration](#)" auch für die Digitalisierer-Funktion. Spezifische Informationen über die Digitalisierer-Funktion finden Sie in [Kapitel 5](#).

## Allgemeine Konfiguration

In diesem Abschnitt werden die Selbsttestfunktion und die Kalibrieranforderungen erläutert. Außerdem werden allgemeine Fragen bezüglich der Konfiguration behandelt, die viele oder alle Messfunktionen betreffen.

### Selbsttest

Bevor Sie das Multimeter für Ihre Messungen konfigurieren, sollten Sie seine Funktionsfähigkeit durch einen Selbsttest überprüfen. Der Selbsttest dauert etwa 50 Sekunden. Senden Sie zum Starten des Selbsttests den folgenden Befehl:

**OUTPUT 722;"TEST"**

Wenn das Multimeter den Selbsttest besteht, können Sie ziemlich sicher sein, dass es ordnungsgemäß funktioniert und die Messgenauigkeit innerhalb der Spezifikationen liegt (vorausgesetzt, das Gerät wurde exakt kalibriert). Falls eine oder mehrere der Selbsttestroutinen fehlschlagen, leuchtet die **ERR**-Anzeige auf, und werden die entsprechenden Bits im Hilfs-Fehlerregister gesetzt, wodurch auch das Bit 0 des Fehlerregisters gesetzt wird.

### Auslesen der Fehlerregister

Im Falle eines Hardware-Fehlers werden das zugeordnete Bit im Hilfs-Fehlerregister und das Bit 0 des Fehlerregisters gesetzt. Im Falle eines Programmierfehlers wird nur ein Bit im Fehlerregister gesetzt.

Der Befehl **ERRSTR?** liest jeweils eine Fehlermeldung aus dem Register aus und löscht das zugeordnete Bit. Falls ein oder mehrere Bits des Hilfs-Fehlerregisters gesetzt sind, liest der Befehl **ERRSTR?** zunächst dieses Register und erst danach das Fehlerregister aus. Der Befehl **ERRSTR?** liefert zwei Antworten. Die erste Antwort ist der Dezimalwert des niedrigstwertigen gesetzten Bits. (Das niedrigstwertige Bit ist das Bit mit der niedrigsten Nummer). Die zweite Antwort ist ein Fehlermeldungstext (String) mit einer Länge von bis zu 200 Zeichen. Nach dem Auslesen eines Bits wird das betreffende Bit zurückgesetzt.

Das folgende Programm liest mit Hilfe des Befehls **ERRSTR?** nacheinander sämtliche Fehlermeldungen aus. Nach dem Auslesen und Zurücksetzen aller gesetzten Bits, oder wenn in keinem der beiden Register ein Bit gesetzt ist, liefert der Befehl **ERRSTR?** die Antwort 0, "NO ERROR".

```
10 OPTION BASE 1          !Die Nummerierung der Array-Felder beginnt mit 1
20 DIM A$[200]            !Dimensionierung einer String-Variablen
30 OUTPUT 722; "ERRSTR?" !Fehlermeldung wird eingelesen
40 ENTER 722; A,A$        !Der numerische Teil der Fehlermeldung wird in die
45                           Variable A eingelesen, der String-Teil in A$
50 PRINT A,A$              !Die Antworten werden ausgedruckt
60 IF A>0 THEN GOTO 30    !Schleife zum sequentiellen Einlesen aller Fehlermel-
65                           dungen
70 END
```

Die Befehle ERR? und AUXERR? liefern die dezimale Summe aller im Fehlerregister bzw Hilfs-Fehlerregister gesetzten Bits. Programmbeispiele und eine Liste der möglichen Fehlermeldungen siehe [Kapitel 6](#).

## Kalibrierung

Das Multimeter unterstützt zwei Arten der Kalibrierung: externe Kalibrierung und Autokalibrierung. Zur externen Kalibrierung sind externe Referenzquellen erforderlich. Ausführliche Informationen über die externe Kalibrierung siehe [3458 Calibration Manual](#).

Der Abfragebefehl CALNUM? liefert eine Zahl, die angibt, wie oft das Multimeter extern kalibriert wurde. Durch regelmäßiges Abfragen dieses Zahl können Sie die am Multimeter vorgenommenen Kalibrierungen überwachen. Das folgende Programm fragt die aktuelle Anzahl der Kalibrierungen ab und druckt den Wert aus.

```
10 OUTPUT 722;"CALNUM?"
20 ENTER 722;A
30 PRINT A
40 END
```

## Autokalibrierung

Das Multimeter verfügt über vier automatische Kalibrierungsroutinen („Autocal“): DCV, AC, OHMS und ALL. Diese Routinen verbessern die kurzfristige Genauigkeit vieler oder aller Messfunktionen, ersetzen allerdings nicht die regelmäßige externe Kalibrierung des Multimeters. Folgende Messfunktionen sind von den jeweiligen Routinen betroffen:

- Die DCV-Routine verbessert alle Messfunktionen. Diese Routine nimmt etwa 2 Minuten und 45 Sekunden in Anspruch.
- Die AC-Routine nimmt bestimmte Verbesserungen an der Messung der AC- oder AC+DC-Spannung (alle Messverfahren), der AC- oder AC+DC-Stromstärke, der direkten oder unterabgetasteten Digitalisierung (AC- oder DC-Kopplung), der Frequenz und der Periode vor. Die AC-Routine nimmt etwa 2 Minuten und 45 Sekunden in Anspruch.
- Die OHMS-Routine nimmt bestimmte Verbesserungen an der Messung von 2- oder 4-Draht-Widerständen, der DC-Stromstärke und der AC-Stromstärke vor. Die OHMS-Routine nimmt etwa 11 Minuten in Anspruch.
- Die ALL-Routine verbessert alle Messfunktionen, indem sie alle oben aufgeführten Routinen durchführt. Die ALL-Routine nimmt etwa 16 Minuten in Anspruch.

Lassen Sie das Gerät nach der automatischen Kalibrierung für die unten aufgeführte empfohlene Zeit ruhen, bevor Sie eine Messung durchführen, um die thermische Stabilisierung der Relais zu ermöglichen.

| ACAL-Typen | Einschwingzeit |
|------------|----------------|
| ACAL ALL   | 30 Minuten     |
| ACAL DCV   | 15 Minuten     |
| ACAL OHM   | 30 Minuten     |
| ACAL ACV   | 15 Minuten     |

## HINWEIS

Während einer Autokalibrierung sollten Sie das Multimeter nicht ausschalten und nicht zurücksetzen ("Reset"-Taste). Falls Sie es dennoch tun, erfolgt die Fehlermeldung ACAL REQUIRED (weil viele oder alle Kalibrierkonstanten gelöscht wurden). Zur Behebung dieses Fehlers muss dann die ALL-Routine ausgeführt werden.

Da die DCV-Routine alle Messfunktionen betrifft, sollte diese Routine vor der AC- oder OHMS-Routine ausgeführt werden, oder es sollte die (sämtliche Einzelroutinen umfassende) ALL-Routine ausgeführt werden (siehe zweites Beispiel weiter unten).

### Durchführung der automatischen Kalibrierung

Angenommen, Sie möchten 4-Draht-Widerstandsmessungen durchführen. Die DCV-Routine verbessert die Kurzzeitgenauigkeit aller Messfunktionen; die OHMS-Routine verbessert die Genauigkeit von Widerstands- und Strommessungen. Das folgende Programm initiiert zuerst eine DCV- und dann eine OHMS-Autokalibrierung.

```
10 OUTPUT 722; "ACAL DCV"  
20 OUTPUT 722; "ACAL OHMS"  
30 END
```

Falls die "Autocal"-Funktion passwortgeschützt ist (was im Auslieferungszustand des Gerätes nicht der Fall ist), müssen Sie vor der Autokalibrierung den Sicherheitscode eingeben. Weitere Informationen hierzu siehe Beschreibung des Befehls ACAL in [Kapitel 6](#). Der folgende Befehl bewirkt, dass sämtliche "Autocal"-Routinen nacheinander (in der Reihenfolge DCV, OHMS, AC) ausgeführt werden:

```
OUTPUT 722; "ACAL ALL"
```

Trennen Sie vor Beginn der Autokalibrierung stets alle Eingangssignale ab. Falls während des Selbsttests ein Eingangssignal vorhanden ist, kann dies einen Selbsttestfehler verursachen.

### Wann sollte eine automatische Kalibrierung durchgeführt werden?

Zur Maximierung der Messgenauigkeit wird empfohlen, alle 24 Stunden eine vollständige automatische Kalibrierung (ACAL ALL) auszuführen, außerdem immer dann, wenn die Multimeter-Innentemperatur um mehr als  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  von der Temperatur zum Zeitpunkt der letzten externen Kalibrierung abweicht. (Es wird empfohlen, im Zuge der externen Kalibrierung die Multimeter-Innentemperatur mit dem Befehl CALSTR als Kalibrier-Info zu speichern; der Wert kann dann später mit dem Befehl CALSTR? abgefragt werden.) Das folgende Beispiel zeigt, wie Sie mit dem Befehl TEMP? die Multimeter-Innentemperatur (in Grad Celsius) abfragen können.

```
10 OUTPUT 722; "TEMP?"  
20 ENTER 722;A  
30 PRINT A  
40 END
```

Die "Autocal"-Kalibrierkonstanten werden nichtflüchtig gespeichert (d. h. sie gehen beim Ausschalten des Gerätes nicht verloren). Daher ist es nicht nötig, eine Autokalibrierung durchzuführen, nur weil das Gerät ausgeschaltet war.

## Wahl der Eingangsanschlüsse

Das Multimeter besitzt sowohl vorder- als auch rückseitige Messanschlüsse. Mit dem auf der Frontplatte befindlichen Schalter Terminalen können Sie zwischen den Messanschlüssen wählen (Schalter gedrückt = rückseitig, Schalter nicht gedrückt = vorderseitig). Es ist nicht möglich, die Messanschlüsse über den GPIB zu wählen. Die Verkabelungsskizzen weiter unten in diesem Kapitel zeigen nur die vorderseitigen Anschlüsse. Die rückseitigen Anschlüsse sind genauso beschriftet wie die vorderseitigen. Für alle Arten von Messungen werden hochwertige Kabel mit hohem Isolationswiderstand und geringen dielektrischen Verlusten empfohlen.

### WARNUNG

- Die Installation oder Deinstallation des Multimeters sowie die Verkabelung dürfen nur von qualifizierten Technikern vorgenommen werden, die sich der damit verbundenen Gefahren bewusst sind. Trennen Sie das Multimeter vom Stromnetz, bevor Sie Gehäuseabdeckungen entfernen, die Einstellung der Netzspannungswahlschalter ändern oder die Netzsicherung einsetzen oder austauschen.
- Messungen an hohen Spannungen sind immer gefährlich. Alle Messanschlüsse des Multimeters (sowohl auf der Frontplatte als auch auf der Rückwand) müssen als gefährlich angesehen werden, wenn an irgendeinem dieser Anschlüsse eine externe Spannung von mehr als 42 V anliegt. Gehen Sie davon aus, dass jeder Messanschluss die höchste Spannung führen kann, die irgendeinem der Messanschlüsse zugeführt wird.
- Falls eines der Anschlusskabel gefährlich hohe Spannungen führen kann, empfehlen wir Ihnen, eine entsprechendes Warnetikett am Kabel anzubringen. Das Warnetikett sollte sich möglichst nahe bei den Multimeter-Messanschlüssen befinden und von auffälliger Farbe sein, beispielsweise rot oder gelb. Vermerken Sie auf dem Etikett deutlich, dass Hochspannungsgefahr besteht.

**VORSICHT**

Die Strombelastbarkeit der Stromeingänge (I) beträgt  $\pm 1,5$  A Spitze bzw.  $< 1,25$  A effektiv. Die Stromeingänge sind durch Schmelzsicherungen geschützt. Die maximal zulässigen Eingangsspannungen sind aus der nachfolgenden Tabelle ersichtlich.

**Tabelle 3-1** Maximal zulässige Eingangsspannungen

|   | Nennwert            | Max. zul. Spannung<br>(nicht-zerstörend) |
|---|---------------------|--|
| HI- nach LO-Eingang   | $\pm 1000$ V Spitze | $\pm 1200$ V Spitze                      |
| HI/LO $\Omega$ -Sense- nach LO-Eingang                            | $\pm 200$ V Spitze  | $\pm 350$ V Spitze                       |
| HI nach LO $\Omega$ -Sense-Eingang                                | $\pm 200$ V Spitze  | $\pm 350$ V Spitze                       |
| LO-Eingang nach Guard   | $\pm 200$ V Spitze  | $\pm 350$ V Spitze                       |
| Guard nach Masse  | $\pm 500$ V Spitze  | $\pm 1000$ V Spitze                      |
| HI/LO-Eingang, HI/LO $\Omega$ -Sense, oder I-Anschluss nach Masse | $\pm 1000$ V Spitze | $\pm 1500$ V Spitze                      |
| Vorderseitige Anschlüsse nach rückseitige Anschlüsse              | $\pm 1000$ V Spitze | $\pm 1500$ V Spitze                      |

Bei Überschreitung eines der oben genannten Werte für die maximal zulässige nicht-zerstörende Spannung wird das Multimeter beschädigt.

## Guarding

In den nachfolgenden Verkabelungsskizzen ist der **Guard**-Anschluss des Multimeters mit dem LOW-Ende der zu messenden Quelle verbunden (Konfiguration für Messungen mit Guarding). Diese Konfiguration bietet die größtmögliche effektive Gleichtaktunterdrückung (ECMR, Effective Common Mode Rejection) an den mit dem **Terminals**-Schalter gewählten Eingangsanschlüssen, sofern der **Guard**-Schalter sich in Stellung **Open** (nicht gedrückt) befindet. Für Messungen ohne Guarding müssen Sie den **Guard**-Schalter drücken (Stellung **TO LO**); in diesem Fall dürfen Sie den **Guard**-Anschluss nicht mit der zu messenden Quelle verbinden. In der Stellung **TO LO** verbindet der **Guard**-Schalter den **Guard**-Anschluss intern mit dem **LO Input**-Anschluss derjenigen Anschlussgruppe (vorderseitig oder rückseitig), die mit dem **Terminals**-Schalter gewählt wurde. Diese Konfiguration bietet ein geringeres ECMR. Die ECMR-Spezifikationen für Messungen mit Guarding sind in

Anhang A aufgelistet. Für alle Arten von Messungen werden hochwertige Kabel mit hohem Isolationswiderstand und geringen dielektrischen Verlusten empfohlen.

## Unterbrechen der kontinuierlichen Messungen

Die Standardeinstellung (Einschalt-Zustand) für das Triggerfreigabe-, das Trigger- und das Abtastereignis ist AUTO. (Diese Ereignisse werden in Kapitel 4 ausführlich beschrieben). Bei dieser Einstellung führt das Multimeter eine kontinuierliche Folge von Messungen aus. Bevor Sie das Multimeter für Ihre Messungen konfigurieren, sollten Sie die kontinuierlichen Messungen unterbrechen. Das Konfigurieren geht dann schneller vorstatten, und außerdem verhindern Sie dadurch, dass unerwünschte Messwerte in den Messwertspeicher oder den GPIB-Ausgangspuffer geschrieben werden. Sie können die kontinuierlichen Messungen unterbrechen, indem Sie das Multimeter in den Preset-Zustand bringen (siehe nächsten Abschnitt) oder indem Sie das Triggerfreigabe- oder Triggerereignis mit folgenden Befehlen auf HOLD abändern:

**OUTPUT 722; "TARM HOLD"**

oder

**OUTPUT 722; "TRIG HOLD"**

Nach dem Konfigurieren des Multimeters können Sie die kontinuierlichen Messungen fortsetzen, indem Sie das Triggerfreigabe- oder Triggerereignis von HOLD auf einen sonstigen Wert abändern. (Weitere Informationen über die Triggerung siehe Kapitel 2).

## Preset-Zustand

Der Befehl PRESET NORM bringt das Multimeter, ähnlich wie der Befehl RESET, in eine definierte Grundeinstellung, die jedoch für den Fernsteuerungsbetrieb optimiert ist. (RESET ist hauptsächlich für manuelle Bedienung gedacht). Es empfiehlt sich, beim Konfigurieren des Multimeters zuerst den Befehl PRESET NORM zu senden, weil dieser das Multimeter in eine definierte Grundeinstellung bringt und den Befehl TRIG SYN (Triggerereignis "synchronous") ausführt, der die kontinuierlichen Messungen unterbricht. Tabelle 3-2 zeigt die vom Befehl PRESET NORM ausgeführten Befehle.

**Tabelle 3-2** PRESET NORM-Zustand

| Befehl         | Beschreibung                                       |
|----------------|--|
| ACBAND 20,2E+6 | AC-Bandbreite 20 Hz - 2 MHz                        |
| AZERO ON       | Autozero-Funktion aktiviert                        |
| BEEP ON        | Akustischer Signalton aktiviert                    |
| DCV AUTO       | Gleichspannungsmessung, automatische Bereichswahl  |
| DELAY -1       | Standard-Verzögerungswert                          |
| DISP ON        | Display aktiviert                                  |
| FIXEDZ OFF     | Fester Eingangswiderstand deaktiviert              |
| FSOURCE ACV    | Frequenz- und Periodenquelle: ACV                  |
| INBUF OFF      | Eingangspuffer deaktiviert                         |
| LOCK OFF       | Tastatur aktiviert                                 |
| MATH OFF       | Echtzeit-Mathematik-Funktionen deaktiviert         |
| MEM OFF        | Messwertspeicher deaktiviert                       |
| MFORMAT SREAL  | Datenformat für Messwertspeicher: "single real"    |
| MMATH OFF      | Post-Processing-Mathematik-Funktionen deaktiviert  |
| NDIG 6         | Display-Auflösung 6,5 Stellen                      |
| NPLC 1         | Integrationszeit 1 Netzspannungszyklen             |
| NRDGS 1,AUTO   | 1 Messwert pro Trigger, Auto-Sample-Ereignis       |
| OCOMP OFF      | Offset-kompensierte Widerstandsmessung deaktiviert |
| OFORMAT ASCII  | Ausgabeformat ASCII                                |
| TARM AUTO      | Triggerfreigabeereignis "Auto"                     |
| TIMER 1        | Timer-Intervall 1 s                                |

**Tabelle 3-2** PRESET NORM-Zustand (Fortsetzung)

| Befehl                                  | Beschreibung                  |
|---|-------------------------------|
| TRIG SYN                                | Triggerereignis "Synchronous" |
| Alle Math-Register auf 0 gesetzt außer: |                               |
| DEGREE = 20                             |                               |
| PERC = 1                                |                               |
| REF = 1                                 |                               |
| RES = 50                                |                               |
| SCALE = 1                               |                               |

Wenn Sie versuchen, das Multimeter über den GPIB in die "Preset"-Einstellung zu bringen, kann es vorkommen, dass das Multimeter beschäftigt ist oder die GPIB-Schnittstelle sich im "Hold"-Zustand befindet. In beiden Fällen antwortet das Multimeter nicht auf Fernsteuerungsbefehle. Deshalb sollten Sie vor einer Preset-Operation stets den GPIB-Universalbefehl DEVICE CLEAR senden. Das Multimeter reagiert sofort auf den Befehl DEVICE CLEAR. Das folgende Programm sendet zuerst den Befehl DEVICE CLEAR und dann den Befehl PRESET NORM:

```
10 CLEAR 722
20 OUTPUT 722;"PRESET NORM"
30 END
```

Außer dem Befehl PRESET NORM ist noch ein Befehl PRESET FAST verfügbar, der das Multimeter für schnelle Messungen und schnelle Datenübertragung konfiguriert (siehe [Kapitel 4](#)), und ein Befehl PRESET DIG, der das Multimeter für DCV-Digitalisierung konfiguriert (siehe [Kapitel 5](#)).

## Spezifizieren einer Messfunktion

Der erste Parameter des Befehls FUNC wählt die Messfunktion. Der folgende Befehl, beispielsweise, wählt die Messfunktion DCV (Gleichspannungsmessung):

```
OUTPUT 722;"FUNC DCV"
```

Der Befehls-Header FUNC ist optional und kann weggelassen werden. So können Sie beispielsweise die Messfunktion DCV auch einfach folgendermaßen wählen:

```
OUTPUT 722;"DCV"
```

### 3 Konfigurieren des Multimeters für Messungen

In den folgenden Beispielen wird die Kurzfassung des Befehls (ohne den Header FUNC) verwendet. **Tabelle 3-3** zeigt die verschiedenen Parameter des Befehls FUNC und die zugeordneten Messfunktionen

**Tabelle 3-3** Parameter von Messfunktionen

| Funktionsparameter  | Beschreibung                            |
|---------------------|---|
| ACDCI               | Wechselstrommessung, DC-gekoppelt       |
| ACDCV               | Wechselspannungsmessung, DC-gekoppelt   |
| ACI                 | Wechselstrommessung, AC-gekoppelt       |
| ACV                 | Wechselspannungsmessung, AC-gekoppelt   |
| DCI                 | Gleichstrommessung                      |
| DCV                 | Gleichspannungsmessung                  |
| DSAC <sup>[a]</sup> | "Direct-Sampling"-Messung, AC-gekoppelt |
| DSDC <sup>[a]</sup> | "Direct-Sampling"-Messung, DC-gekoppelt |
| FREQ                | Frequenzmessung                         |
| OHM                 | 2-Draht-Widerstandsmessung              |
| OHMF                | 4-Draht-Widerstandsmessung              |
| PER                 | Periodenmessung                         |
| SSAC <sup>[a]</sup> | "Sub-Sampling"-Messung, AC-gekoppelt    |
| SSDC <sup>[a]</sup> | "Sub-Sampling"-Messungen, DC-gekoppelt  |

[a] Weitere Informationen über diese Funktionen siehe [Kapitel 5](#).

## Autorange

Bei aktiver "Autorange"-Funktion tastet das Multimeter das Eingangssignal vor jeder Messung (d. h. nach jedem Trigger) ab und wählt automatisch den passenden Bereich. Wegen dieser Abtastung dauern Messungen in der Betriebsart "Autorange"-Funktion länger als Messungen in einem festen Bereich. Im Einschalt-/PRESET-NORM-Zustand des Gerätes ist die "Autorange"-Funktion aktiviert. Wenn das zu messende Signal einigermaßen stabil ist, können Sie mit dem Befehl ARANGE ONCE das Multimeter dazu veranlassen, einmalig den passenden Bereich automatisch zu wählen und danach die "Autorange"-Funktion zu deaktivieren. Auf diese Weise können Sie den Vorteil der automatischen Bereichswahl mit der hohen Messgeschwindigkeit eines festen Bereichs kombinieren. Senden Sie hierzu den folgenden Befehl:

**OUTPUT 722; "ARANGE ONCE"**

Nach erfolgter Triggerung wählt das Multimeter automatisch den passenden Bereich und deaktiviert anschließend die "Autorange"-Funktion. Sollte später nochmals eine automatische Bereichswahl erforderlich sein, senden Sie den folgenden Befehl:

**OUTPUT 722; "ARANGE ON"**

## Spezifizieren des Bereichs

Einen festen Bereich können Sie wahlweise mit dem ersten Parameter des jeweiligen Funktionswahlbefehls (ACV, DCV, OHM usw.) oder mit dem Befehl RANGE spezifizieren. Dieser Parameter wird als *max\_Eingangswert* bezeichnet, weil er die maximal zu erwartende Eingangssignalamplitude (bzw. bei Widerstandsmessungen den maximal zu erwartenden Widerstand) spezifiziert. Das Multimeter wählt anhand dieses Wertes den passenden Bereich. Spezifizieren Sie für *max\_Eingangswert* stets den Absolutbetrag des zu erwartenden Maximalwertes, und keinen negativen Wert. Beispiel: Wenn eine Gleichspannung mit einem maximalen (negativen) Wert von -2,5 Volt zu erwarten ist, senden Sie den folgenden Befehl:

**OUTPUT 722; "DCV 2.5"**

In diesem Fall wählt das Multimeter den Bereich 10 VDC. Wenn Sie einen anderen *max\_Eingangswert* (beispielsweise 15V) spezifizieren möchten, ohne die Messfunktion umzuschalten, senden Sie:

**OUTPUT 722; "RANGE 15"**

In diesem Fall wählt das Multimeter den Bereich 100 V.

### HINWEIS

Bei Frequenz- und Periodenmessungen spezifiziert der Parameter *max\_Eingangswert* die maximal zu erwartende Eingangssignalamplitude, und nicht etwa den Frequenzbereich (Hz) oder den Periodenbereich (s).

Sie können die "Autorange"-Funktion aktivieren, indem Sie für den Parameter *max\_Eingangswert* den Standardwert oder AUTO spezifizieren. Um beispielsweise mit dem Befehl DCV die automatische Bereichswahl zu aktivieren, senden Sie:

**OUTPUT 722; "DCV"**

In [Kapitel 6](#) finden Sie unter den Beschreibungen der Befehle FUNC und RANGE eine Auflistung der verfügbaren Bereiche der einzelnen Messfunktionen.

## Konfigurieren für DC- oder Widerstandsmessungen

Nachfolgend wird beschrieben, wie Sie das Multimeter für Gleichspannungs-, Gleichstrom-, 2-Draht- oder 4-Draht-Widerstandsmessungen konfigurieren.

### Gleichspannungsmessung

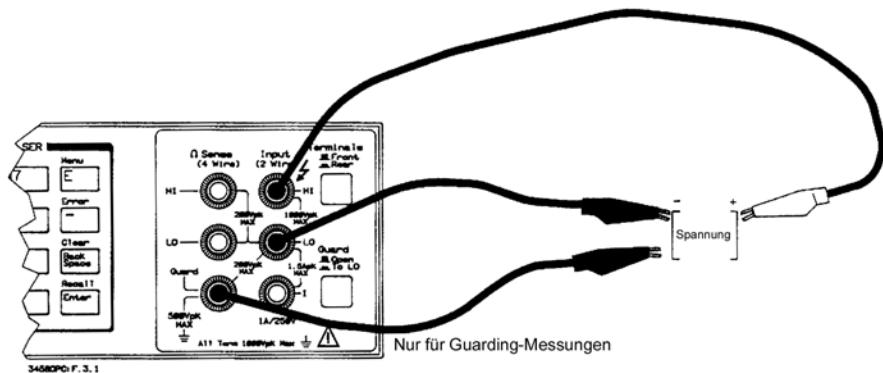
Das Multimeter bietet fünf Gleichspannungsbereiche. [Tabelle 3-4](#) zeigt die verfügbaren Gleichspannungsbereiche mit den jeweiligen Endwerten und der Anzahl der gemessenen Stellen. [Tabelle 3-4](#) zeigt außerdem die bestmögliche Messwertauflösung und den Eingangswiderstand für den jeweiligen Bereich. (Die Auflösung ist von der spezifizierten Integrationszeit abhängig. (Weitere Informationen hierzu siehe unter [Einstellen der Integrationszeit](#) weiter unten in diesem Kapitel). [Abbildung 3-1](#) zeigt die erforderliche Verkabelung für alle Arten von Spannungsmessungen (bei Verwendung der vorderseitigen Messanschlüsse). Im Einschalt-/PRESET-NORM-Zustand des Gerätes ist die Messfunktion DCV (Gleichspannungsmessung) gewählt. Bei Bedarf können Sie die Gleichspannungsmessung explizit mit dem Befehl DCV wählen. Beispiel: Der folgende Befehl wählt die Messfunktion DCV und den Bereich 1 Volt.

```
OUTPUT 722;"DCV 1"
```

**Tabelle 3-4** Gleichspannungsbereiche

| Gleichspannungsbereich | Bereichsendwert | Bestmögliche Auflösung | Eingangswiderstand    |
|------------------------|-----------------|------------------------|-----------------------|
| 100 mV                 | 120.00000 mV    | 10 nV                  | >10 GΩ <sup>[a]</sup> |
| 1 V                    | 1.20000000 V    | 10 nV                  | >10 GΩ <sup>[a]</sup> |
| 10 V                   | 12.0000000 V    | 100 nV                 | >10 GΩ <sup>[a]</sup> |
| 100 V                  | 120.000000 V    | 1 µV                   | 10 MΩ                 |
| 1000 V                 | 1050.00000 V    | 10 µV                  | 10 MΩ                 |

[a] In der Betriebsart FIXEDZ OFF. In der Betriebsart FIXEDZ ON beträgt der Eingangswiderstand konstant 10 MW. (Weitere Informationen hierzu siehe unter "[Fester Eingangswiderstand](#)" weiter unten in diesem Kapitel).



**Abbildung 3-1** Verkabelung für Spannungsmessungen

### Gleichstrommessungen

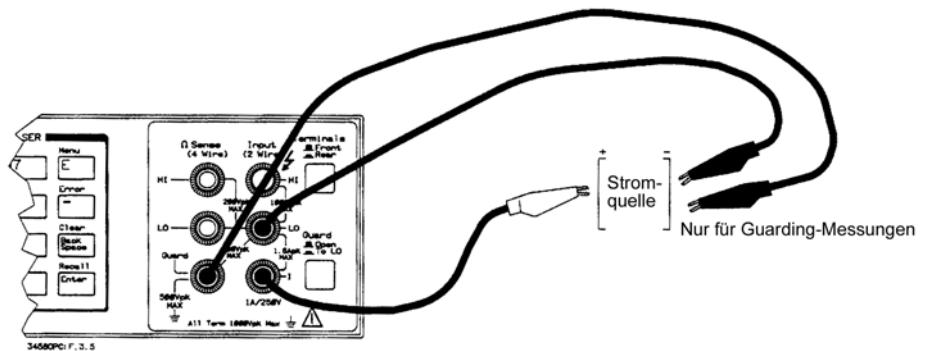
Strommessungen erfolgen nach einem indirekten Messverfahren: Die Messanschlüsse werden intern durch einen niederohmigen Widerstand (Shunt) miteinander verbunden; das Multimeter misst die über diesem Widerstand abfallende Spannung und berechnet daraus nach dem Ohmschen Gesetz die Stromstärke (Strom = Spannung/Widerstand). Die vorder- und rückseitigen Stromeingänge des Multimeters sind durch Schmelzsicherungen (1 A, 250 V) geschützt. **Abbildung 3-2** zeigt die erforderliche Verkabelung für alle Arten von Strommessungen (bei Verwendung der vorderseitigen Messanschlüsse).

Das Multimeter bietet acht Gleichstrommessbereiche. **Tabelle 3-5** zeigt die verfügbaren Gleichstrombereiche mit den jeweiligen Endwerten und der Anzahl der gemessenen Stellen. **Tabelle 3-5** zeigt außerdem die bestmögliche Messwertauflösung und den Shunt-Widerstandswert für den jeweiligen Bereich. (Die Auflösung ist von der spezifizierten Integrationszeit abhängig. (Weitere Informationen hierzu siehe unter "**Einstellen der Integrationszeit**" weiter unten in diesem Kapitel). Bei Bedarf können Sie die Messfunktion Gleichstrommessung explizit mit dem Befehl DCI wählen. Beispiel: Der folgende Befehl wählt die Messfunktion DCI und den Bereich 10 µA.

**OUTPUT 722;"DCI 10E-6"**

**Tabelle 3-5** Gleichstrombereiche

| Gleichstrom-<br>bereich | Bereichsendwert | Bestmögliche<br>Auflösung | Shunt-Widerstand |
|-------------------------|-----------------|---------------------------|------------------|
| 100 nA                  | 120.000 nA      | 1 pA                      | 545.2 kΩ         |
| 1 µA                    | 1.200000 µA     | 1 pA                      | 45.2 kΩ          |
| 10 µA                   | 12.000000 µA    | 1 pA                      | 5.2 kΩ           |
| 100 µA                  | 120.00000 µA    | 10 pA                     | 730 Ω            |
| 1 mA                    | 1.2000000 mA    | 100 pA                    | 100 Ω            |
| 10 mA                   | 12.000000 mA    | 1 nA                      | 10 Ω             |
| 100 mA                  | 120.00000 mA    | 10 nA                     | 1 Ω              |
| 1 A                     | 1.0500000 A     | 100 nA                    | 0.1 Ω            |

**Abbildung 3-2** Verkabelung für Strommessungen

## Widerstandsmessung

Widerstandsmessungen erfolgen nach einem indirekten Messverfahren: Das Multimeter beaufschlagt den zu messenden Widerstand mit einem Strom bekannter Stärke. Dieser Strom ruft über dem Widerstand einen Spannungsabfall hervor. Das Multimeter misst diese Spannung und berechnet daraus nach dem Ohmschen Gesetz den unbekannten Widerstand (Spannung/Strom). **Tabelle 3-6** zeigt die verfügbaren 2- und 4-Draht-Widerstandsbereiche mit den jeweiligen Endwerten und der Anzahl der gemessenen Stellen. **Tabelle 3-6** zeigt außerdem die bestmögliche Messwertauflösung und die Messstromstärke für den jeweiligen Bereich. (Die Auflösung ist von der spezifizierten Integrationszeit abhängig. Weitere Informationen hierzu siehe unter "[Einstellen der Integrationszeit](#)" weiter unten in diesem Kapitel).

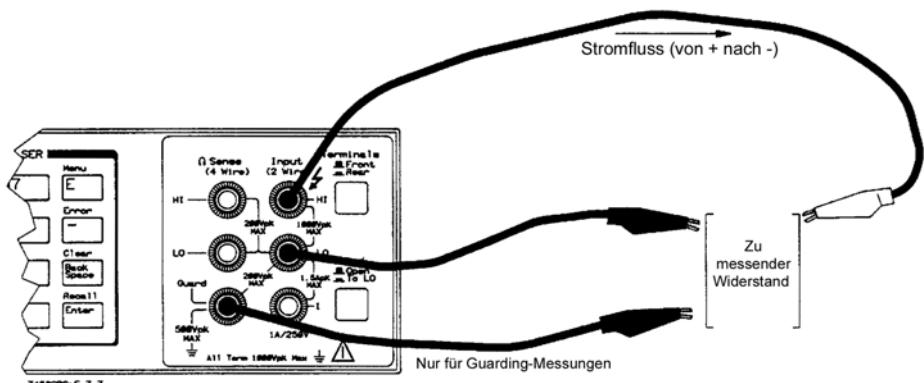
**Tabelle 3-6** Widerstandsbereiche

| OHM(F) Bereich | Bereichsendwert | Bestmögliche Auflösung | Messstromstärke |
|----------------|-----------------|------------------------|-----------------|
| 10 Ω           | 12.00000 Ω      | 10 µΩ                  | 10 mA           |
| 100 Ω          | 120.00000 Ω     | 10 µΩ                  | 1 mA            |
| 1 kΩ           | 1.2000000 kΩ    | 100 µΩ                 | 1 mA            |
| 10 kΩ          | 12.000000 kΩ    | 1 mΩ                   | 100 µA          |
| 100 kΩ         | 120.00000 kΩ    | 10 mΩ                  | 50 µA           |
| 1 MΩ           | 1,2000000 MΩ    | 100 mΩ                 | 5 µA            |
| 10 MΩ          | 12.000000 MΩ    | 1 Ω                    | 500 nA          |
| 100 MΩ         | 120,00000 MΩ    | 10 Ω                   | 500 nA          |
| 1 GΩ           | 1.2000000 GΩ    | 100 Ω                  | 500 nA          |

## 2-Draht-Widerstandsmessung

Das 2-Draht-Widerstandsmessverfahren ist das gängige Verfahren zur Messung von Widerstandswerten, die im Vergleich zum Widerstand der Messleitungen sehr groß sind. Wenn der Widerstand der Messleitungen im Vergleich zu dem des Messobjekts nicht vernachlässigbar ist, wird das Messergebnis verfälscht. Hierzu ein Beispiel: Angenommen, Sie messen einen  $1\Omega$ -Widerstand über zwei Messleitungen mit einer Länge von jeweils 3 m. Nehmen wir weiterhin an, der Messleitungsquerschnitt entspricht AWG 24. Dann haben die beiden Messleitungen zusammen einen Widerstand von etwa 0,5 Ohm. Das Multimeter misst in diesem Fall einen Gesamtwiderstand von 1,5 Ohm – das ist ein Messfehler von 50%! Zum Messleitungswiderstand können noch andere parasitäre Widerstände hinzukommen, beispielsweise durch verschmutzte Steckverbinder, beschädigte Kabel oder Kabelwiderstandsanstieg durch sehr hohe Umgebungstemperatur. Sie können die Genauigkeit von 2-Draht-Widerstandsmessungen mit Hilfe der mathematischen Operation NULL verbessern (Einzelheiten hierzu siehe unter **NULL** in Kapitel 4). Abbildung 3-3 zeigt die erforderliche Verkabelung für 2-Draht-Widerstandsmessungen (bei Verwendung der vorderseitigen Messanschlüsse). Die Messfunktion 2-Draht-Widerstandsmessung wird mit dem Befehl OHM gewählt. Beispiel: Der folgende Befehl wählt die Messfunktion 2-Draht-Widerstandsmessung und den Bereich  $1\text{k}\Omega$ :

**OUTPUT 722;"OHM 1E3"**



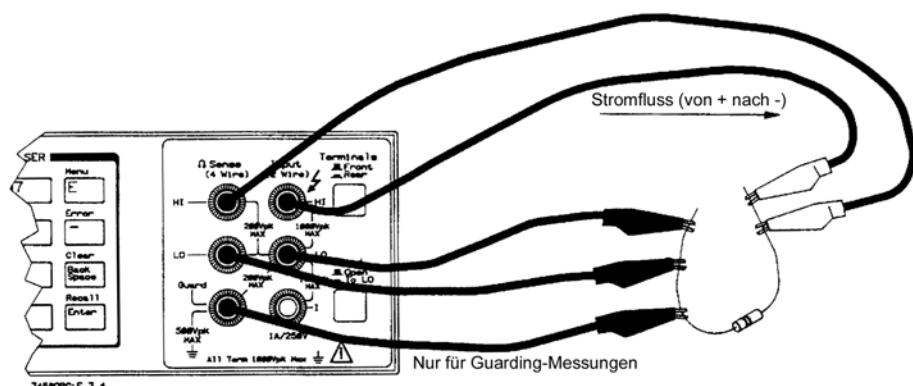
**Abbildung 3-3** Verkabelung für 2-Draht-Widerstandsmessung

### 4-Draht-Widerstandsmessung

Das 4-Draht-Widerstandsmessverfahren eliminiert den vom Widerstand der Messleitungen verursachten Messfehler. Bei 2-Draht-Widerstandsmessungen wird die Spannung über dem Gesamtwiderstand des Messobjekts und der Messleitungen gemessen. Dagegen wird bei 4-Draht-Messungen ausschließlich die Spannung über dem Messobjekt gemessen. Dies ist wichtig, wenn der Messleitungswiderstand so groß ist, dass er gegenüber dem Widerstand des Messobjekts nicht mehr vernachlässigt werden kann. **Abbildung 3-4** zeigt die erforderliche Verkabelung für 4-Draht-Widerstandsmessungen (bei Verwendung der vorderseitigen Messanschlüsse). Die Messfunktion

4-Draht-Widerstandsmessung wird mit dem Befehl OHMF gewählt. Beispiel: Der folgende Befehl wählt die Messfunktion 4-Draht-Widerstandsmessung und den Bereich  $10\text{ M}\Omega$ :

**OUTPUT 722; "OHMF 10E6"**



**Abbildung 3-4** 4-Wire ohms measurement connections

## Konfigurieren des A/D-Wandlers

Die A/D-Wandler-Konfiguration bestimmt die Messgeschwindigkeit, Auflösung, Genauigkeit und Gegentakt-Störunterdrückung<sup>[1]</sup> für Gleichspannungs- und Widerstandsmessungen. Folgende A/D-Wandler-Parameter sind konfigurierbar: Referenzfrequenz, spezifizierte Integrationszeit und spezifizierte Auflösung.

### Referenzfrequenz

Beim Einschalten misst das Multimeter die Netzfrequenz, runden den Wert auf 50 Hz oder 60 Hz, und stellt die *Referenzfrequenz* für den A/D-Wandler auf diesen gerundeten Wert ein. (Beim Betrieb an 400 Hz Netzfrequenz wird die *Referenzfrequenz* auf 50 Hz – eine Subharmonische von 400 Hz – eingestellt. Wenn bei DC- oder Widerstandsmessungen die Integrationszeit auf  $\geq 1$  Netzspannungszyklus eingestellt ist, werden Störeinstreuungen unterdrückt, deren Frequenz gleich der Referenzfrequenz ist. Weitere Informationen siehe unter "[Einstellen der Integrationszeit](#)" (weiter unten in diesem Kapitel).

### Ändern der Referenzfrequenz

In den meisten Situationen erzielen Sie mit der automatisch gewählten Referenzfrequenz eine hervorragende Gegentakt-Störunterdrückung. Bei höchsten Anforderungen an die Gegentakt-Störunterdrückung sollten Sie jedoch die Referenzfrequenz exakt auf die tatsächliche Netzfrequenz einstellen. (Bei schwankender Netzfrequenz müssen Sie die Referenzfrequenz unter Umständen regelmäßig korrigieren.) Der folgende Befehl misst die Netzfrequenz und stellt die Referenzfrequenz exakt auf den gemessenen Wert ein. (Bei 400 Hz Netzfrequenz stellt das Multimeter die Referenzfrequenz auf ein Achtel des gemessenen Wertes ein.)

**OUTPUT 722;"LFREQ LINE"**

[1] Die Gegentakt-Störunterdrückung (NMR, Normal Mode Rejection) ist ein Maß für die Fähigkeit des Multimeters, bei DC- oder Widerstandsmessungen netzfrequente Störeinstreuungen zu unterdrücken.

Alternativ können Sie mit dem Befehl LFREQ direkt die Referenzfrequenz spezifizieren. Dies ist insbesondere in solchen Fällen hilfreich, in denen das Multimeter mit einer anderen Netzfrequenz arbeitet als das Messobjekt. Angenommen, das Multimeter arbeitet mit einer Netzfrequenz von 60 Hz und das Messobjekt mit einer Netzfrequenz von 50 Hz. In diesem Fall können Sie Gegentakt-Störunterdrückung erzielen, indem sie die Referenzfrequenz mit dem folgenden Befehl auf 50 Hz einstellen:

**OUTPUT 722; "LFREQ 50"**

Beachten Sie, dass beim Einschalten des Gerätes oder bei Betätigung der **Reset**-Taste die Referenzfrequenz wieder auf den gerundeten Wert (50 oder 60 Hz) abgeändert wird.

### Einstellen der Integrationszeit

Die Integrationszeit ist das Zeitintervall, über das der A/D-Wandler das Eingangssignal misst. Bei DC- und Widerstandsmessungen bestimmt die Integrationszeit die Messgeschwindigkeit, Genauigkeit und Auflösung sowie die Gegentakt-Störunterdrückung für Signale, deren Frequenz gleich der A/D-Wandler-Referenzfrequenz ist. Sie können die Integrationszeit mit dem Befehl NPLC in der Einheit "Anzahl von Netzzspannungszyklen" (PLCs, Power Line Cycles) spezifizieren, oder mit dem Befehl APER direkt in Sekunden. Da sowohl NPLC als auch APER die Integrationszeit spezifizieren, wird der zuvor mit dem jeweils anderen Befehl spezifizierte außer Kraft gesetzt.

### Spezifizieren der Anzahl der Netzzspannungszyklen

Bei Integrationszeiten  $\geq 1$  Netzzspannungszyklus werden periodische Störeinstreuungen, deren Frequenz gleich der A/D-Wandler-Referenzfrequenz ist, unterdrückt. Sie können die Integrationszeit mit dem Befehl NPLC in der Einheit "Anzahl von Netzzspannungszyklen" (PLCs, Power Line Cycles) spezifizieren. Das Multimeter bestimmt die Integrationszeit, indem es die spezifizierte Anzahl von Netzzspannungszyklen mit der Periode der A/D-Wandler-Referenzfrequenz (Befehl LFREQ) multipliziert. Bei 50 Hz Netzfrequenz, beispielsweise, beträgt die Periode der A/D-Wandler-Referenzfrequenz  $1/50 \text{ s} = 20 \text{ ms}$ . Wenn Sie 10 PLCs spezifizieren, beträgt die Integrationszeit 200 ms. Im Einschalt-Zustand des Multimeters beträgt die Integrationszeit 10 PLCs. Im PRESET-NORM-Zustand beträgt die Integrationszeit 1 PLC. Mit dem folgenden Befehl können Sie die Integrationszeit für größtmögliche Messgeschwindigkeit (bei geringster Genauigkeit, geringster Auflösung und nicht vorhandener Gegentakt-Störunterdrückung) optimieren:

**OUTPUT 722; "NPLC 0"**

Mit dem folgenden Befehl können Sie die Integrationszeit für größtmögliche Genauigkeit, höchste Auflösung und 80 dB Gegentakt-Störunterdrückung für DC- oder Widerstandsmessungen (bei geringster Messgeschwindigkeit) optimieren:

**OUTPUT 722;"NPLC 1000"**

Sie können die Anzahl der Netzspannungszyklen in folgenden Bereichen spezifizieren:

- 0 bis 1 PLC (in Schritten von 0.000006 PLC für 60 Hz Referenzfrequenz bzw. Schritten von 0.000005 PLC für 50 Hz Referenzfrequenz)
- 1 bis 10 PLC in Schritten von 1 PLC
- 10 bis 1000 PLCs in Schritten von 10 PLCs

**HINWEIS**

Bei Integrationszeiten von mehr als 10 PLCs mittelt das Multimeter über mehrere Messungen, die jeweils mit einer Integrationszeit von 10 PLCs durchgeführt werden. Wenn Sie beispielsweise 60 PLCs spezifizieren, mittelt das Multimeter über sechs Messungen mit einer Integrationszeit von jeweils 10 PLCs.

Durch den großen Integrationszeit-Einstellbereich können Sie die Parameter Messgeschwindigkeit, Genauigkeit, Auflösung und Gegentakt-Störunterdrückung optimal aufeinander abstimmen. Typischerweise wird die Integrationszeit so gewählt, dass sich eine adäquate Messgeschwindigkeit bei akzeptabler Auflösung und Gegentakt-Störunterdrückung ergibt. Die Tabellen mit den Spezifikationen in [Anhang A](#) zeigen die Zusammenhänge zwischen Integrationszeit, Auflösung und Gegentakt-Störunterdrückung für DC- und Widerstandsmessungen.

### Direktes Spezifizieren der Integrationszeit

Mit dem Befehl APER (Aperture) können Sie die Integrationszeit für DC- oder Widerstandsmessungen direkt (in Sekunden) spezifizieren. Der folgende Befehl, beispielsweise, spezifiziert eine Integrationszeit von 22 ms.

**OUTPUT 722;"APER.022"**

#### HINWEIS

Wenn Sie die Integrationszeit direkt mit dem Befehl APER spezifizieren, führt das Multimeter bei langen Integrationszeiten keine Mittelung über mehrere Messungen durch (anders als beim indirekten Spezifizieren der Integrationszeit mit dem Befehl NPLC). Wenn Sie beispielsweise mit dem Befehl NPLC eine Integrationszeit von 60 PLCs (bei 60 Hz Netzfrequenz entspricht dies einer Integrationszeit von 1 s), mittelt das Multimeter über sechs Messungen mit einer Integrationszeit von jeweils 10 PLCs. Wenn Sie hingegen mit dem Befehl APER eine Integrationszeit von 1 s spezifizieren, integriert das Multimeter eine einzelne Messung über 1 Sekunde.

Mit dem Befehl APER können Sie die Integrationszeit im Bereich vom 500 ns bis 1 s mit einer Schrittweite von 100 ns spezifizieren. Der Befehl APER wird meistens benutzt, wenn ein bestimmter Teil eines Signals (beispielsweise ein Impuls) abgetastet werden soll, oder beim Digitalisieren eines Signals. Sie können den Befehl APER auch zur Unterdrückung von Störsignalen mit bekannter Frequenz benutzen. Hierzu müssen Sie die Integrationszeit auf ein ganzzahliges Vielfaches der Periode des zu unterdrückenden Signals einstellen. Beispiel: Zur Unterdrückung eines Störsignals mit einer Frequenz von 100 Hz (Periode = 10 ms) müssen Sie eine Integrationszeit von 10 ms (oder 20 ms, 30 ms usw.) spezifizieren.

## Spezifizieren der Auflösung

Die Messwertauflösung wird als letzter Parameter eines Funktionswahlbefehls (FUNC, ACV, DCV usw.) oder des Befehls RANGE spezifiziert.<sup>[1]</sup> Dieser Parameter wird als `%_Auflösung` bezeichnet, weil er in Prozent des Parameters `max._Eingangswert` (siehe unter [Spezifizieren des Bereichs](#) weiter oben in diesem Kapitel) spezifiziert wird. Zur Bestimmung der Messwertauflösung multipliziert das Multimeter die spezifizierte `%_Auflösung` mit dem `max._Eingangswert`. Die `%_Auflösung` lässt sich nach folgender Gleichung berechnen:

$$\%_{\text{Auflösung}} = (\text{tatsächliche Auflösung}/\text{maximaler Eingangswert}) \times 100$$

Beispiel: Angenommen, die maximal zu erwartende Eingangsspannung beträgt 10 VDC und Sie benötigen eine Auflösung von 1 mVDC. Die obige Gleichung ergibt:

$$\%_{\text{Auflösung}} = (0.001/10) \times 100 = 0.01$$

Falls Sie für den Parameter `%_Auflösung` den Standardwert spezifizieren, wird die Integrationszeit auf den Wert eingestellt, der zuletzt mit dem Befehl APER oder NPLC spezifiziert wurde.

Die Auflösung für DC- oder Widerstandsmessungen (sowie analoge AC-Messungen) wird durch die A/D-Wandler-Integrationszeit bestimmt. Wenn Sie eine Auflösung spezifizieren, spezifizieren Sie eigentlich indirekt eine Integrationszeit. Da auch die Befehle APER und NPLC eine Integrationszeit spezifizieren können, kann es zu folgenden Interaktionen kommen:

- Wenn sie den Befehl APER oder NPLC vor dem Spezifizieren der Auflösung senden, führt das Multimeter den Befehl aus, der die jeweils höhere Auflösung (längere Integrationszeit) spezifiziert.
- Wenn Sie den Befehl APER oder NPLC nach dem Spezifizieren der Auflösung senden, verwendet das Multimeter die mit dem Befehl APER bzw. NPLC spezifizierte Integrationszeit; falls zuvor eine Auflösung spezifiziert wurde, wird diese ignoriert.

[1] Sie können die Auflösung auch mit dem Befehl RES spezifizieren. Beispiele zur Anwendung des Befehls RES finden Sie unter der Beschreibung dieses Befehls in [Kapitel 6](#).

### Wann sollte man die Auflösung spezifizieren?

Bei DC- oder Widerstandsmessungen sollten Sie die Auflösung spezifizieren, falls die Auflösung, die der Befehl NPLC oder APER ergibt, nicht ausreicht. Hierzu ein Beispiel: In dem folgenden Programm wird in der Zeile 10 eine Integrationszeit von 1 PLC spezifiziert; diese ergibt eine Gegentakt-Störunterdrückung von 60 dB und eine Auflösung von 7½ Stellen. Im Bereich 10 V beträgt die absolute Auflösung demnach 1 µV. Angenommen, die vorliegende Anwendung erfordert eine Auflösung von 100 nV bei einem *max\_Eingangswert* von 10 V. Die obige Gleichung liefert für den Parameter *%\_Auflösung* den Wert 0.000001 (1E-6). Dieser Wert wird in Zeile 20 spezifiziert.

```
10 OUTPUT 722;"NPLC 1"  
20 OUTPUT 722;"DCV 10, 1E-6"  
30 END
```

### "Autozero"-Funktion

Die "Autozero"-Funktion dient zur Kompensation interner Offset-Fehler bei DC- oder Widerstandsmessungen. Die "Autozero"-Funktion wird mit dem Befehl AZERO gesteuert. In der Betriebsart AZERO ON trennt das Multimeter nach jeder Messung das Eingangssignal von der Messschaltung ab und misst die verbleibende Offsetspannung. Dieser Offset-Wert wird dann rechnerisch von den nachfolgenden Messwerten subtrahiert. In der Betriebsart AZERO OFF oder ONCE führt das Multimeter nur eine einzige Offset-Messungen durch und subtrahiert den dabei ermittelten Offset-Wert von den nachfolgenden Messwerten. Nach Empfang des Befehls AZERO OFF oder AZERO ONCE erfolgt die Offset-Messung zum Zeitpunkt des ersten Triggerfreigabeereignisses. Dies gilt für alle TARM-Ereignistypen außer TARM EXT; der Befehl TARM EXT löst eine sofortige Offset-Messung aus. (Ausführliche Informationen über das Triggerfreigabeereignis siehe [Kapitel 4](#).) Nach einer Änderung des Messfunktion, des Bereichs oder der Integrationszeit wird die "Autozero"-Offset-Messung automatisch aktualisiert, sobald das Triggerfreigabeereignis eintritt oder der Befehl TARM EXT ausgeführt wird). Der Einschalt-/PRESET-NORM-Zustand der Funktion AZERO ist ON. Sie können die AZERO-Funktion folgendermaßen deaktivieren:

```
OUTPUT 722;"AZERO OFF"
```

**HINWEIS**

Bei 4-Draht-Widerstandsmessungen sollten Sie die "Autozero"-Funktion aktiviert lassen (AZERO ON). Falls Sie die "Autozero"-Funktion aus irgend einem Grund deaktivieren müssen (AZERO OFF oder ONCE), stellen Sie zuvor sämtliche Verbindungen zum Messobjekt her und stellen Sie sicher, dass sich der Widerstand der Messleitungen nicht ändert. Wenn Sie die "Autozero"-Funktion deaktivieren, bevor Sie das Messobjekt anschließen, oder wenn sich bei deaktivierter "Autozero"-Funktion der Widerstand der Messleitungen ändert (wie es beispielsweise bei Verwendung eines Multiplexers der Fall sein kann), werden die Ergebnisse der 4-Draht-Widerstandsmessung unter Umständen verfälscht.

---

## Offset-Kompensation

Weil bei Widerstandsmessungen der Spannungsabfall gemessen wird, der vom Messstrom über dem Widerstand hervorgerufen wird, führt eine etwaige externe Spannung (Offsetspannung) zu Messfehlern. Bei aktiver Offset-Kompensation werden die Einflüsse der Offsetspannung auf Widerstandsmessungen rechnerisch eliminiert. Zu diesem Zweck misst das Multimeter zunächst die Eingangsspannung bei eingeschalteter Messstromquelle. Danach wird die Messstromquelle abgeschaltet und nochmals die Eingangsspannung gemessen. Die tatsächlich vom Messstrom hervorgerufene Spannung ist gleich der Differenz der beiden gemessenen Spannungen. Die Offset-Kompensation ist sowohl für 2-Draht- als auch 4-Draht-Widerstandsmessungen verfügbar; sie wird nur auf die Bereiche 10  $\Omega$  bis 100 k $\Omega$  angewandt. Im Einschalt-/PRESET-NORM-Zustand des Gerätes ist die Offset-Kompensation deaktiviert. Mit dem folgenden Befehl können Sie die Offset-Kompensation aktivieren:

**OUTPUT 722: "OCOMP ON"**

Die Spezifikationen bezüglich der maximal kompensierbaren Offsetspannung finden Sie in [Anhang A](#).

## Fester Eingangswiderstand

Bei Gleichspannungsmessungen können Sie mit dem Befehl FIXEDZ erreichen, dass das Multimeter auch bei einem Bereichswechsel einen konstanten Eingangswiderstand beibehält. Dadurch werden Messfehler durch Eingangswiderstandsänderungen vermieden. [Tabelle 3-4](#) zeigt die Eingangswiderstände für die verschiedenen Bereiche in der Betriebsart FIXEDZ OFF. In der Betriebsart FIXEDZ ON beträgt der Eingangswiderstand für alle Gleichspannungsbereiche konstant  $10 \text{ M}\Omega$ . Der Einschalt-/PRESET-NORM-Zustand für FIXEDZ ist OFF. Mit dem folgenden Befehl können Sie die FIXEDZ-Funktion aktivieren:

**OUTPUT 722; "FIXEDZ ON"**

Mit dem folgenden Befehl können Sie die FIXEDZ-Funktion deaktivieren:

**OUTPUT 722;"FIXEDZ OFF"**

## Konfigurieren für AC-Messungen

Nachfolgend wird beschrieben, wie Sie das Multimeter für folgende Messungen konfigurieren: Wechselspannung, Wechsel- plus Gleichspannung, Wechselstrom, Wechsel- plus Gleichstrom, Frequenz, Periode.

### AC- oder AC+DC-Spannungsmessung

Das Multimeter kann Echt-Effektivwert- oder AC+DC-Spannungsmessungen durchführen; dabei stehen drei Messverfahren zur Auswahl: analoges Effektivwert-Messwert, "Random-Sampling"- oder "Synchronous-Sampling"-Verfahren. Bei jedem dieser Messverfahren sind sechs Bereiche verfügbar: 10 mV, 100 mV, 1 V, 10 V, 100 V und 1000 V; die größtmögliche Auflösung beträgt, unabhängig vom Bereich, 6½ Stellen.

**Tabelle 3-7** zeigt die Messcharakteristiken und Signalanforderungen für die einzelnen Messverfahren. **Abbildung 3-1** zeigt die erforderliche Verkabelung für alle Arten von Spannungsmessungen (bei Verwendung der vorderseitigen Messanschlüsse).

In der Betriebsart ACV misst das Multimeter nur die AC-Komponente des Eingangssignals. In der Betriebsart AC+DCV misst es die DC-Komponente und die innerhalb der Messbandbreite (siehe **Tabelle 3-7**) liegende AC-Komponente. Beachten Sie, dass bei AC+DCV-Messungen nach dem analogen Verfahren AC-Komponenten unterhalb 10 Hz nicht in die Messung eingehen.

**Tabelle 3-7** shows the measurement characteristics and signal requirements for each measurement method. **Abbildung 3-1** shows the front terminal connections for all types of voltage measurements.

#### HINWEIS

Bei AC-Messungen im Bereich 10 mV oder 100 mV können Störeinstreuungen (beispielsweise Störimpulse durch Ein- oder Ausschalten starker Elektromotoren) Messfehler verursachen; dies gilt für alle drei Messverfahren. Achten Sie bei Messungen in diesen Bereichen auf eine "elektrisch saubere" Messumgebung, und verwenden Sie abgeschirmte Messleitungen.

**Tabelle 3-7** ACV- und AC+DCV-Messverfahren

| ACV/ACDCV-Messverfahren | Frequenzbereich  | Größtmögliche Genauigkeit | Repetitives Signal erforderlich | Messungen pro Sekunde |      |
|-------------------------|------------------|---------------------------|---------------------------------|-----------------------|------|
|                         |                  |                           |                                 | Min.                  | Max. |
| "Synchronous"           | 1 Hz bis 10 MHz  | 0.01%                     | Ja                              | 0.025                 | 10   |
| "Analog"                | 10 Hz bis 2 MHz  | 0.03%                     | Nein                            | 0.8                   | 50   |
| "Random"                | 20 Hz bis 10 MHz | 0.10%                     | Nein                            | 0.025                 | 45   |

### "Synchronous-Sampling"-Messverfahren

Beim "Synchronous-Sampling"-Verfahren wird der echte Effektivwert aus den erfassten Abtastwerten (Samples) berechnet; dieses Verfahren setzt ein repetitives (periodisches) Eingangssignal voraus. "Synchronous-Sampling" bietet eine hervorragende Linearität und ist das genaueste der drei Verfahren. Dieses Verfahren eignet sich zum Messen periodischer Signale im Frequenzbereich von 1 Hz bis 10 MHz.

### Anmerkungen zum "Synchronous Sampling"-Verfahren

- Beim "Synchronous-Sampling" arbeitet das Multimeter in der Einstellung "Sync Source Event LEVEL" (dies ist die Standardeinstellung für "Sync Source Event"), um den Abtastvorgang mit dem Eingangssignal zu synchronisieren. Falls das Eingangssignal während einer Messung abgetrennt wird und nicht innerhalb einer bestimmten Zeit (die hauptsächlich von der jeweiligen AC-Bandbreiteneinstellung abhängig ist – siehe weiter unten) wieder angelegt wird, schaltet das Multimeter automatisch auf "Random-Sampling" um, sodass eine Messung ausgeführt werden kann. Mit dem Befehl SSRC können Sie diese Umschaltung des Messverfahrens verhindern. Weiterhin können Sie mit dem Befehl SSRC die Sampling-Synchronisation mit einem Signal am **Ext Trig**-Anschluss erzwingen. Weitere Informationen über den Befehl SSRC sowie Programmbeispiele finden Sie in [Kapitel 6](#).
- In der Betriebsart "Sync Source LEVEL" können Störeinstreuungen auf das Eingangssignal falsche Trigger und Messfehler verursachen. Achten Sie deshalb auf eine "elektrisch saubere" Messumgebung, und verwenden Sie abgeschirmte Messleitungen. Durch Pegelfilterung (Befehl LFILTER ON) können Sie die Empfindlichkeit gegenüber solchen Störeinstreuungen reduzieren. Weitere Informationen hierzu siehe unter LFILTER in [Kapitel 6](#).

- In der Betriebsart "Synchronous-Sampling" ist das Eingangssignal stets DC-gekoppelt – unabhängig davon, ob die Messfunktion ACV oder ACDCV gewählt wurde. Wenn ACV gewählt wurde, wird die DC-Komponente rechnerisch vom Messwert subtrahiert. Dies ist insofern von Bedeutung, als die Summe der AC- und DC-Komponenten den Multimetereingang übersteuern kann, auch wenn die AC-Komponente allein unterhalb der Übersteuerungsgrenze liegt.

### **Analoges Effektivwert-Messverfahren**

Beim analogen Effektivwert-Messverfahren (dies ist das Standardverfahren im Einschalt-Zustand) wird das Eingangssignal direkt integriert. Dieses Verfahren eignet sich gut zum Messen von Signalen im Frequenzbereich von 10 Hz bis 2 MHz; es ist das schnellste der drei Verfahren.

### **"Random-Sampling"-Messverfahren**

Beim "Random-Sampling"-Messverfahren wird der Messwert aus zahlreichen Eingangssignal-Abtastwerten berechnet. Die zeitlichen Abstände der Abtastwerte werden von einer internen Zeitbasis zufällig gewählt; der Echt-Effektivwert des Eingangssignals wird statistisch berechnet. Das "Random-Sampling"-Verfahren erfordert (im Gegensatz zum "Synchronous-Sampling"-Verfahren) kein repetitives Eingangssignal. Es eignet sich dadurch zur Messung des Breitbandrauschen und für ähnliche Anwendungen. Dieses Verfahren zeichnet sich durch hervorragende Linearität und gute Genauigkeit aus. Es ist besonders gut für Messungen an schwachen Signalen (<1/10 des Bereichsendwertes) geeignet. Die Messbandbreite beträgt 20 Hz bis 10 MHz.

### Wahl des ACV-Messverfahrens

Beim Einschalten wählt das Multimeter automatisch das analoge Effektivwert-Messverfahren. Um im Einschalt-Zustand Messungen nach dem analogen Effektivspannungs-Messverfahren durchzuführen, brauchen Sie einfach nur mit dem folgenden Befehl die Messfunktion ACV oder AC+DCV zu wählen:

**OUTPUT 722;"ACV"**      !Wahl der Messfunktion Wechselspannung,  
                                  AC-gekoppelt

oder

**OUTPUT 722; "ACDCV"** !Wahl der Messfunktion Wechselspannung,  
                                  DC-gekoppelt

Mit dem Befehl SETACV können Sie das gewünschte ACV-Messverfahren wählen. Der folgende Befehl, beispielsweise, wählt das "Random-Sampling"-Messverfahren:

**OUTPUT 722;"SETACV RNDM"**

Der folgende Befehl wählt das "Synchronous-Sampling"-Messverfahren:

**OUTPUT 722;"SETACV SYNC"**

Der folgende Befehl wählt wieder das analoge Effektivwert-Messverfahren:

**OUTPUT 722;"SETACV ANA"**

Das gewählte Wechselspannungsmessverfahren wird so lange angewandt, bis das Multimeter aus- und wieder eingeschaltet oder ein anderes Messverfahren gewählt wird. Wenn Sie die Messfunktion ACV oder AC+DCV wählen, wird automatisch das zuletzt gewählte Messverfahren (bzw. Standardmessverfahren) angewandt.

## ACI- oder AC+DCI-Strommessung

Strommessungen erfolgen nach einem indirekten Messverfahren: Die Messanschlüsse werden intern durch einen niederohmigen Widerstand (Shunt) miteinander verbunden; das Multimeter misst die über diesem Widerstand abfallende Spannung und berechnet daraus nach dem Ohmschen Gesetz die Stromstärke (Strom = Spannung/Widerstand). Für die Wechselstrommessfunktionen ACI und AC+DCI ist (anders als für die Wechselspannungsmessfunktionen ACV und AC+DCV) nur das analoge Messverfahren (direkte Integration) verfügbar. Die vorder- und rückseitigen Stromeingänge des Multimeters sind durch Schmelzsicherungen (1 A, 250 V) geschützt. [Abbildung 3-2](#) zeigt die erforderliche Verkabelung für alle Arten von Strommessungen (bei Verwendung der vorderseitigen Messanschlüsse).

Das Multimeter bietet fünf Bereiche für ACI- oder AC+DCI-Messungen. In der Betriebsart ACI misst das Multimeter nur die AC-Komponente des Eingangssignals. In der Betriebsart AC+DCI misst es die DC-Komponente sowie AC-Komponenten ab einer Grenzfrequenz von 10 Hz. Beachten Sie, dass bei AC+DCI-Messungen AC-Komponenten unterhalb 10 Hz nicht in die Messung eingehen. Die bestmögliche Auflösung für ACI- oder AC+DCI-Strommessungen beträgt 6½ Stellen. [Tabelle 3-8](#) zeigt die einzelnen Strombereiche mit den jeweiligen Endwerten, der bestmöglichen Auflösung und dem Shunt-Widerstandswert. (Die Auflösung ist von der spezifizierten Integrationszeit abhängig; siehe "[Einstellen der Integrationszeit](#)" weiter unten in diesem Kapitel.) Die Messfunktion Wechselstrommessung wird mit dem Befehl ACI gewählt, die Messfunktion Wechsel- plus Gleichstrommessung mit dem Befehl ACDCI. Beispiel: Der folgende Befehl wählt die Messfunktion ACI und den Bereich 100 µA.

**OUTPUT 722;"ACI 100E-6"**

Der folgende Befehl wählt die Messfunktion AC+DCI und den Bereich 10 mA.

**OUTPUT 722;"ACDCI 10E-3"**

**Tabelle 3-8** Strombereich und Auflösung für die Messfunktionen ACI und AC+DCI

| ACI-Bereich | Bereichsendwert | Bestmögliche Auflösung | Shunt-Widerstand |
|-------------|-----------------|------------------------|------------------|
| 100 µA      | 120.0000 µA     | 100 pA                 | 730 Ω            |
| 1 mA        | 1.200000 mA     | 1 nA                   | 100 Ω            |
| 10 mA       | 12.00000 mA     | 10 nA                  | 10 Ω             |
| 100 mA      | 120.0000 mA     | 100 nA                 | 1 Ω              |
| 1 A         | 1.050000 A      | 1 µA                   | 0.1 Ω            |

### Frequenz- oder Periodenmessung

Der in das Multimeter integrierte Frequenz-/Periodenzähler akzeptiert ein Wechselspannungs- oder Wechselstrom-Eingangssignal. Die bestmögliche Auflösung beträgt sowohl für Frequenz- als auch Periodenmessungen 7 Stellen<sup>[1]</sup>. (Weitere Informationen hierzu siehe unter [Spezifizieren der Auflösung](#) weiter unten in diesem Kapitel).

Die Messfunktion Frequenz wird mit dem Befehl FREQ gewählt, die Messfunktion Periode mit dem Befehl PER. Für Frequenz- oder Periodenmessungen müssen Sie außerdem spezifizieren, ob das Eingangssignal aus einer Spannungs- oder einer Stromquelle stammt und ob der Eingang AC- oder DC-gekoppelt sein soll. Dies geschieht mit dem Befehl FSOURCE (der Standardparameter im Einschalt-Zustand ist ACV). [Tabelle 3-9](#) zeigt die verfügbaren Parameter für FSOURCE, den mit dem jeweiligen Parameter spezifizierten Eingangstyp und die jeweils verfügbaren Messmöglichkeiten. [Abbildung 3-1](#) zeigt die Verkabelung für Frequenz- oder Periodenmessungen an einem Signal aus einer Spannungsquelle. [Abbildung 3-1](#) zeigt die Verkabelung für Frequenz- oder Periodenmessungen an einem Signal aus einer Stromquelle.

### HINWEIS

Der Befehl LEVEL beeinflusst u. a. auch den Nulldurchgang-Schwellenwert und die Eingangskopplung für Frequenz- und Periodenmessungen. Weitere Informationen hierzu siehe unter LEVEL in [Kapitel 6](#).

[1] Die erste Stelle ist für die meisten Messfunktionen eine halbe Stelle, für Frequenz- und Periodenmessungen jedoch eine volle Stelle (0-9).

**Tabelle 3-9** Parameter des Befehls FSOURCE

| Parameter des Befehls FSOURCE | Definition  | Messmöglichkeiten |                |
|-------------------------------|---|-------------------|----------------|
|                               |   | Frequenz          | Periode        |
| ACV                           | AC-gekoppelt,<br>AC-Eingangssignal aus<br>Spannungsquelle | 1 Hz bis 10 MHz   | 100 ns bis 1 s |
| ACDCV                         | DC-gekoppelt,<br>AC-Eingangssignal aus<br>Spannungsquelle | 1 Hz bis 10 MHz   | 100 ns bis 1 s |
| ACI                           | AC-gekoppelt,<br>AC-Eingangssignal aus<br>Stromquelle     | 1 Hz bis 100 kHz  | 10 µs bis 1 s  |
| ACDCI                         | DC-gekoppelt,<br>AC-Eingangssignal aus<br>Stromquelle     | 1 Hz bis 100 kHz  | 10 µs bis 1 s  |

Das folgende Programm konfiguriert das Multimeter für Frequenzmessungen im Bereich 10 V an einem Eingangssignal aus einer Spannungsquelle. Der Eingang ist AC-gekoppelt.

```
10 OUTPUT 722;"FREQ 10"
20 OUTPUT 722;"FSOURCE ACV"
30 END
```

Das folgende Programm konfiguriert das Multimeter für Periodenmessungen im Bereich 10 mA an einem Eingangssignal aus einer Stromquelle. Der Eingang ist DC-gekoppelt.

```
10 OUTPUT 722;"PER 10E-3"
20 OUTPUT 722;"FSOURCE ACDCI"
30 END
```

**HINWEIS**

Bei Frequenz- oder Periodenmessungen können Sie hochfrequentes Rauschen oberhalb 75 kHz durch Aktivieren des "Level"-Filters reduzieren. Weitere Informationen hierzu siehe unter **LFILTER** in [Kapitel 6](#).

## Spezifizieren der Bandbreite

Der Befehl ACBAND spezifiziert die zu erwartende Eingangssignal-Bandbreite; er betrifft sämtliche AC- und AC+DC-Messfunktionen. Durch Spezifizieren der Bandbreite versetzen Sie das Multimeter in die Lage, die Messgenauigkeit und Messgeschwindigkeit zu optimieren. Der erste Parameter des Befehls ACBAND spezifiziert die unterste zu erwartende Frequenzkomponente (der Einschalt-/PRESET-NORM-Wert ist 20 Hz). Der zweite Parameter spezifiziert die oberste zu erwartende Frequenzkomponente (der Einschalt-/PRESET-NORM-Wert ist 2 MHz). Angenommen, die Eingangssignalbandbreite reicht von 750 Hz bis 2 kHz; dann sollten Sie folgenden Befehl senden:

**OUTPUT 722;"ACBAND 750,2000"**

Angaben zur Messgenauigkeit (und Messrate bei analogen AC-Messungen) finden Sie unter „[Anhang A: Spezifikationen](#)“ auf Seite 459.

### HINWEIS

Bei ACV- oder AC+DCV-Messungen nach dem "Synchronous-Sampling"-Verfahren werden die Bandbreitenparameter vom Multimeter zur Berechnung von Time-out-Werten und Sampling-Parametern verwendet. Bei Frequenz- oder Periodenmessungen mit automatischer Bereichswahl werden die Bandbreitenparameter zur Berechnung der Bereichsumschaltzeiten verwendet. Bei diesen Messungen ist es äußerst wichtig, dass die spezifizierte Bandbreite (insbesondere die untere Grenzfrequenz) mit der tatsächlichen Eingangssignalbandbreite übereinstimmt.

## Einstellen der Integrationszeit

Die Integrationszeit ist das Zeitintervall, über das der A/D-Wandler das Eingangssignal misst. Bei analogen AC-Messungen bestimmt die Integrationszeit die bestmögliche Auflösung und – zusammen mit der spezifizierten Bandbreite – die Messgeschwindigkeit. (Die Integrationszeit beeinflusst außerdem in geringem Maße die Genauigkeit von analogen AC-Messungen). Unter "analogen AC-Messungen" sind folgende Arten von Messungen zu verstehen: AC- oder AC+DC-Spannungsmessungen nach dem analogen Messverfahren (Befehl SETACV ANA), sowie AC- oder AC+DC-Strommessungen. Je länger die Integrationszeit, desto höher sind die Messwertauflösung und Genauigkeit, desto geringer ist allerdings die Messgeschwindigkeit.

**HINWEIS**

Bei Frequenz- oder Periodenmessungen ist die Integrationszeit ohne Einfluss. Bei AC-Messungen nach einem dem "Synchronous-Sampling"- oder "Random-Sampling"-Verfahren (Befehl SET ACV SYNC bzw. SET ACV RNDM) wird die A/D-Wandler-Integrationszeit durch entsprechendes Variieren der Anzahl der Abtastwerte automatisch so gewählt, dass die spezifizierte Auflösung erreicht wird. (Im nächsten Abschnitt wird beschrieben, wie Sie die Auflösung spezifizieren können).

Bei analogen AC-Messungen können Sie die Integrationszeit mit dem Befehl NPLC in der Einheit "Anzahl von Netzspannungszyklen" (PLCs, Power Line Cycles) spezifizieren. (Sie können die Integrationszeit auch mit dem Befehl APER spezifizieren, obwohl dieser Befehl hauptsächlich für DC-Messungen vorgesehen ist; Einzelheiten hierzu siehe unter "APER" in [Kapitel 6](#). Das Multimeter bestimmt die Integrationszeit, indem es die spezifizierte Anzahl von Netzspannungszyklen mit der Periode der A/D-Wandler-Referenzfrequenz (Befehl LFREQ) multipliziert. Bei 50 Hz Netzfrequenz, beispielsweise, beträgt die Periode  $1/50 \text{ s} = 20 \text{ ms}$ . Wenn Sie 10 PLCs spezifizieren, beträgt die Integrationszeit 200 ms. Im Einschalt-Zustand des Multimeters beträgt die Integrationszeit 10 PLCs. Im PRESET-NORM-Zustand beträgt die Integrationszeit 1 PLC. Mit dem folgenden Befehl können Sie die Integrationszeit für größtmögliche Messgeschwindigkeit (bei geringster Genauigkeit und 4½-stelliger Auflösung) optimieren:

**OUTPUT 722; "NPLC 0"**

Der folgende Befehl konfiguriert das Multimeter für größtmögliche Genauigkeit und bestmögliche Auflösung (6½ Stellen) bei niedrigster Messgeschwindigkeit:

**OUTPUT 722; "NPLC 1000"**

Sie können die Anzahl der Netzspannungszyklen in folgenden Bereichen spezifizieren:

- 0 bis 1 PLC (in Schritten von 0.000006 PLC für 60 Hz Referenzfrequenz bzw. in Schritten von 0.000005 PLC für 50 Hz Referenzfrequenz)
- 1 bis 10 PLC in Schritten von 1 PLC
- 10 bis 1000 PLCs in Schritten von 10 PLCs

**HINWEIS**

Bei Integrationszeiten von mehr als 10 PLCs mittelt das Multimeter über mehrere Messungen, die jeweils mit einer Integrationszeit von 10 PLCs durchgeführt werden. Wenn Sie beispielsweise 60 PLCs spezifizieren, mittelt das Multimeter über sechs Messungen mit einer Integrationszeit von jeweils 10 PLCs.

Typischerweise wählt man die Integrationszeit so, dass sich eine adäquate Messgeschwindigkeit bei akzeptabler Genauigkeit und Auflösung ergibt. **Tabelle 3-10** zeigt die Zusammenhänge zwischen Integrationszeit und Messwertauflösung für analoge AC-Messungen.

**Tabelle 3-10** Integrationszeit und Auflösung bei analogen AC-Messungen

| Auflösung (Stellen) | Netzspannungszyklen (Bauelement NPLC) |                       |
|---------------------|---------------------------------------|-----------------------|
|                     | LFREQ = 60 Hz                         | LFREQ = 50 Hz         |
| 4.5                 | 0 bis 0.000030                        | 0 bis 0.000025        |
| 5.5                 | 0.000036 bis 0.000360                 | 0.000030 bis 0.000300 |
| 6.5                 | 0.000366 bis 1000                     | 0.000305 bis 1000     |

### Spezifizieren der Auflösung

Die Messwertauflösung wird als letzter Parameter (%\_Auflösung) eines Funktionswahlbefehls (FUNC, ACV, ACI usw.) oder des Befehls RANGE spezifiziert.<sup>[1]</sup>

**Für alle analogen AC-Spannungs- und Strommessungen wird %\_Auflösung** als Prozentsatz, bezogen auf den Befehlsparameter *max.\_Eingangswert*, spezifiziert. Zur Bestimmung der Messwertauflösung multipliziert das Multimeter die spezifizierte %\_Auflösung mit dem *max.\_Eingangswert*. Die %\_Auflösung lässt sich nach folgender Gleichung berechnen:

$$\%_{\text{Auflösung}} = (\text{tatsächliche Auflösung}/\text{maximaler Eingangswert}) \times 100$$

[1] Sie können die Auflösung auch mit dem Befehl RES spezifizieren. Beispiele zur Anwendung des Befehls RES finden Sie unter der Beschreibung dieses Befehls in Kapitel 6.

Beispiel: Angenommen, die maximal zu erwartende Eingangsspannung beträgt 10 VAC und Sie benötigen eine Auflösung von 1 mVAC. Die obige Gleichung ergibt:

$$\%_{\text{Auflösung}} = (0.001/10) \times 100 = 0.01$$

Die Auflösung für analoge AC-Messungen wird durch die A/D-Wandler-Integrationszeit bestimmt. Wenn Sie eine Auflösung spezifizieren, spezifizieren Sie eigentlich indirekt eine Integrationszeit. Da auch der Befehl NPLC eine Integrationszeit spezifiziert, kann es zu folgenden Interaktionen kommen:

- Wenn sie den Befehl NPLC vor dem Spezifizieren der Auflösung senden, führt das Multimeter den Befehl aus, der die jeweils höhere Auflösung (längere Integrationszeit) spezifiziert.
- Wenn Sie den Befehl NPLC nach dem Spezifizieren der Auflösung senden, verwendet das Multimeter die mit dem Befehl NPLC spezifizierte Integrationszeit; falls zuvor eine Auflösung spezifiziert wurde, wird diese ignoriert.

Falls Sie bei analogen AC-Messungen für den Parameter `%_Auflösung` den Standardwert spezifizieren, wird die Integrationszeit auf den Wert eingestellt, der zuletzt mit dem Befehl NPLC spezifiziert wurde.

#### **Bei ACV- oder ACDCV-Messungen nach dem "Random-Sampling"-Verfahren**

(SETACV RNDM) arbeitet das Multimeter mit einer unveränderlichen Auflösung von 4,5 Stellen. **Bei Messungen nach dem "Synchronous-Sampling"-Verfahren** (SETACV SYNC) besteht zwischen dem Parameter `%_Auflösung` und der Anzahl der Stellen folgender Zusammenhang: 0.001 = 7,5 Stellen; 0.01 = 6,5 Stellen; 0.1 = 5,5 Stellen; 1 = 4,5 Stellen.

**Bei Frequenz- oder Periodenmessungen** spezifiziert `%_Auflösung` die Torzeit und die Anzahl der Stellen; siehe hierzu [Tabelle 3-11](#). Beispiel: Das folgende Programm spezifiziert Frequenzmessungen an einem Eingangssignal aus einer Spannungsquelle im Bereich 10 V. Der Parameter `%_Auflösung` in Zeile 20 (.00001) spezifiziert eine Torzeit von 1 s und eine Auflösung von 7 Stellen.

```
10 OUTPUT 722; "FSOURCE ACV"
20 OUTPUT 722;"FREQ 10,.00001"
30 END
```

Wenn Sie bei Frequenz- oder Periodenmessungen für den Parameter `%_Auflösung` den Standardwert spezifizieren, verwendet das Multimeter für `%_Auflösung` den Wert 0.00001; dies entspricht einer Torzeit von 1 s und einer Auflösung von 7 Stellen.

**Tabelle 3-11** Torzeit und Auflösung für Frequenz-/Periodenmessungen

| %_Auflösung | Torzeit | Auflösung (Stellen) |
|-------------|---------|---------------------|
| 0.00001     | 1 s     | 7                   |
| 0.0001      | 100 ms  | 7                   |
| 0.001       | 10 ms   | 6                   |
| 0.01        | 1 ms    | 5                   |
| 0.1         | 100 µs  | 4                   |

Wann sollte man die Auflösung spezifizieren?

**Bei analogen ACV- oder ACDCV-Messungen (SETACV ANA), ACI-Messungen oder ACDCI-Messungen** sollten Sie die Auflösung spezifizieren, falls eine höhere Auflösung erforderlich ist, als der Befehl NPLC ergibt. Hierzu ein Beispiel: In dem folgenden Programm spezifiziert die Zeile 10 eine Integrationszeit von 0.0001 PLC; dies ergibt eine Auflösung von 5½ Stellen bzw. eine absolute Auflösung von 100 µV im Bereich 10 V. Angenommen, die vorliegende Anwendung erfordert eine Auflösung von 10 µV bei einem *max\_Eingangswert* von 10 V. Die obige Gleichung liefert für den Parameter %\_Auflösung einen Wert von 0.0001 (1E-4); dieser Wert wird in Zeile 30 spezifiziert. (Bei dieser Auflösung dauert eine Messung etwa 40 Sekunden).

```

10 OUTPUT 722;"NPLC .0001"
20 OUTPUT 722;"SETACV ANA"
30 OUTPUT 722;"ACV 10,1E-4"
40 END

```

**Bei ACV- oder ACDCV-Messungen nach dem "Synchronous-Sampling"-Verfahren (SETACV SYNC) sowie bei Frequenz- und Periodenmessungen** können die Auflösung nur ändern, indem Sie den gewünschten Wert explizit spezifizieren. Bei diesen Messungen ist die Integrationszeit fest vorgegeben, und es gibt keine Interaktionen zwischen dem Befehl NPLC und dem Parameter %\_Auflösung. Bei AC-Spannungsmessungen nach einem der Sampling-Verfahren wählt das Multimeter die Anzahl der Abtastwerte so, dass die spezifizierte Auflösung erreicht wird. (Wenn Sie für den Parameter %\_Auflösung den Standardwert spezifizieren, verwendet das Multimeter für %\_Auflösung den Wert 0.01% ("Synchronous-Sampling"-Verfahren) bzw. 0.4% ("Random-Sampling"-Verfahren). Das folgende Programm wählt die Messfunktion ACV nach dem "Synchronous-Sampling"-Messverfahren. Die maximal zu erwartende Eingangsspannung beträgt 10 V; der Wert 0.1 für den Parameter %\_Auflösung ergibt eine Auflösung von 5,5 Stellen bzw. 1 mV.

```
10 OUTPUT 722; "SETACV SYNC"  
20 OUTPUT 722;"ACV 10, .1"  
30 END
```

## Konfigurieren für Verhältnismessungen

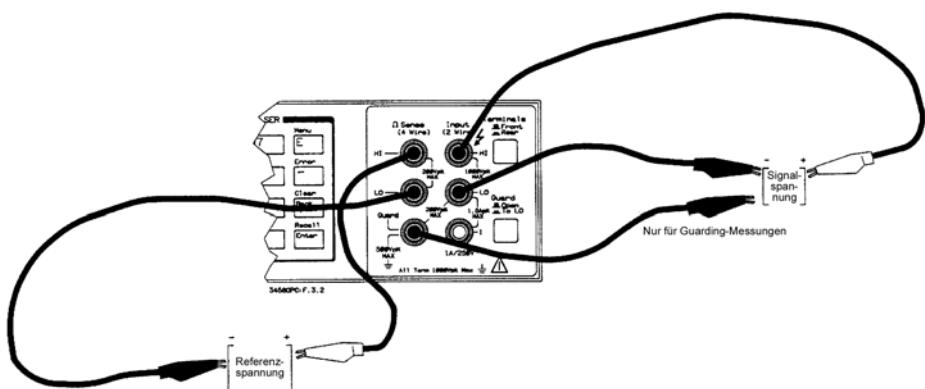
Bei Verhältnismessungen misst das Multimeter eine Referenz-Gleichspannung an den **Ω Sense**-Anschlüssen und eine Signalspannung an den **Input**-Anschlüssen. Anschließend wird das Verhältnis der beiden Spannungen nach folgender Gleichung berechnet:

$$\text{Verhältnis} = \frac{\text{Signalspannung}}{\text{DC-Referenzspannung}}$$

Für die Signalspannungsmessung stehen die Messfunktionen DCV, ACV oder AC+DCV zur Auswahl. (ACV- oder AC+DCV-Messungen können wahlweise nach dem ANA-, RNDM- oder SYNC-Verfahren erfolgen.) Die Messfunktion für die Referenzspannung ist stets DCV; die maximal zulässige Eingangsspannung beträgt  $\pm 12$  VDC. **Abbildung 3-5** zeigt die erforderliche Verkabelung für Verhältnismessungen (bei Verwendung der vorderseitigen Messanschlüsse).

### HINWEIS

Die Potentialdifferenz zwischen den Anschlüssen "Ω Sense LO" und "Input LO" darf nicht mehr als 0,25 V betragen.



**Abbildung 3-5** Verkabelung für Verhältnismessungen

## Spezifizieren von Verhältnismessungen

Zum Spezifizieren von Verhältnismessungen wählen Sie zunächst die Messfunktion für die Signalmessung (und im Falle ACV oder AC+DCV zusätzlich das Messverfahren). Anschließend aktivieren Sie die Verhältnismessung mit dem Befehl RATIO. Beispiel: Das folgende Programm spezifiziert ACV-Verhältnismessungen im Bereich 10 V nach dem "Synchronous-Sampling"-Verfahren.

```
10 OUTPUT 722;"ACV 10"  
20 OUTPUT 722; "SETACV SYNC"  
30 OUTPUT 722;"RATIO ON"  
40 END
```

Mit dem folgenden Befehl können Sie später die Verhältnismessung wieder deaktivieren:

```
OUTPUT 722;"RATIO OFF"
```

Bei Verhältnismessungen gilt der spezifizierte Messbereich nur für die Signalspannungsmessung (**Input**-Anschlüsse). Die Referenzspannungsmessung (**Ω Sense**-Anschlüsse) erfolgt stets mit automatischer Bereichswahl. Ausführliche Informationen zur Bereichswahl siehe unter "[Allgemeine Konfiguration](#)" (weiter oben in diesem Kapitel).

## Benutzung des Unterprogrammspeichers

Das Multimeter kann Befehlsstrings intern als Unterprogramme speichern. Auf diese Weise können häufig verwendete Befehle mit einem Minimum an Bus/Controller-Interaktionen ausgeführt werden. Da intern gespeicherte Unterprogramme compiliert werden, werden sie wesentlich schneller ausgeführt als eine entsprechende, über den GPIB empfangene Befehlsfolge. Das Multimeter enthält einen 14 kByte großen Speicher, der zum Speichern von Unterprogrammen und Gerätezuständen benutzt werden kann (Einzelheiten hierzu folgen später). Wenn der Unterprogramm/Zustandsspeicher voll ist, wird das *Memory Error*-Bit (Bit 7 des Fehlerregisters) gesetzt.

### HINWEIS

Das Statusregister enthält ein "Subprogram complete"-Bit. Durch Abfragen dieses Bits können Sie feststellen, wann die Ausführung eines Unterprogramms abgeschlossen ist. (Weitere Informationen hierzu siehe unter "[Benutzung des Statusregisters](#)" weiter unten in diesem Kapitel).

### Speichern eines Unterprogramms

Zum Speichern eines Unterprogramms verwenden Sie die Befehle SUB und SUBEND. Der Befehl SUB kennzeichnet den Anfang des Unterprogramms und spezifiziert dessen Name. Ein Unterprogrammname kann bis zu zehn Zeichen enthalten. Der Name kann ausschließlich aus Buchstaben oder aus einer Kombination von Buchstaben und Ziffern bestehen; zulässig sind außerdem die Sonderzeichen "?" und "\_". Bei alphanumerischen Namen muss das erste Zeichen ein Buchstabe sein. Multimeterbefehle, Befehlsparameter sowie Namen gespeicherter Gerätezustände dürfen nicht als Unterprogrammnamen verwendet werden.

Geben Sie nach dem Befehl SUB die gewünschten Unterprogrammbefehle in der Reihenfolge ein, in der sie ausgeführt werden sollen. Beenden Sie das Unterprogramm mit dem Befehl SUBEND. Nicht-komprimierte Unterprogramme werden nichtflüchtig gespeichert, d. h. sie gehen beim Ausschalten des Gerätes nicht verloren. Im Gegensatz dazu werden komprimierte Unterprogramme nur flüchtig gespeichert (siehe "[Komprimieren von Unterprogrammen](#)" weiter unten in diesem Kapitel). Beispiel: Das folgende Programm bewirkt, dass die in den Zeilen 20 bis 60 enthaltenen Befehle als Unterprogramm mit dem Namen DCCUR1 gespeichert werden.

```
10 OUTPUT 722;"SUB DCCUR1"  
20 OUTPUT 722;"MEM FIFO"  
30 OUTPUT 722;"TRIG HOLD"  
40 OUTPUT 722;"DCI 1,.01"  
50 OUTPUT 722; "NRDGS 5, AUTO"  
60 OUTPUT 722;"TRIG SGL"  
70 OUTPUT 722; "SUBEND"  
80 END
```

Wenn Sie ein neues Unterprogramm erstellen, das den gleichen Namen hat wie ein bereits existierendes, wird das alte Unterprogramm überschrieben.

### Ausführen eines Unterprogramms

Zur Ausführung eines gespeicherten Unterprogramms senden Sie den Befehl CALL zusammen mit dem Unterprogrammnamen. Um beispielsweise das obige Unterprogramm auszuführen, senden Sie den folgenden Befehl:

```
OUTPUT 722;"CALL DCCUR1"
```

#### HINWEIS

Bei abgeschaltetem Eingangspuffer gibt das Multimeter erst nach Ausführung des Unterprogramms oder nach Empfang des Befehls PAUSE den GPIB wieder frei. (Der Eingangspuffer und der Befehl PAUSE werden weiter unten in diesem Kapitel erläutert.) Unter "**Benutzung des Eingangspuffers**" (weiter unten in diesem Kapitel) wird erklärt, wie Sie den Bus sofort nach dem Aufruf eines Unterprogramms wieder freigeben können. Mit dem GPIB-Universalbefehl DEVICE CLEAR können Sie die Ausführung eines Unterprogramms abbrechen.

Sie können sich die Namen aller gespeicherten Unterprogramme im Display anschauen, indem Sie über die Frontplatte den Befehl CALL wählen und dann die Pfeil-oben- oder Pfeil-unten-Taste drücken. Wenn Sie das gewünschte Unterprogramm gefunden haben, können Sie es durch Drücken der **Enter**-Taste starten.

## Anhalten eines Unterprogramms

Sie können ein laufendes Unterprogramm vorübergehend anhalten, indem Sie den Befehl PAUSE in das Unterprogramm einfügen. Das Multimeter führt einen Unterprogrammbefehl nach dem anderen aus. Wenn es auf den Befehl PAUSE trifft, wird das Unterprogramm angehalten; falls es über den GPIB aufgerufen wurde, wird der GPIB freigegeben. Das folgende Programmbeispiel enthält in Zeile 60 den Befehl PAUSE.

```
10 OUTPUT 722; "SUB 2"  
20 OUTPUT 722;"MEM FIFO"  
30 OUTPUT 722;"TRIG HOLD"  
40 OUTPUT 722;"DCV 10"  
50 OUTPUT 722;"NRDGS 5,AUTO"  
60 OUTPUT 722;"PAUSE"  
70 OUTPUT 722;"TRIG SGL"  
80 OUTPUT 722;"SUBEND"  
90 END
```

Wenn Sie das obige Unterprogramm aufrufen, werden nacheinander die Befehle bis zum Befehl PAUSE ausgeführt. Danach wird das Programm angehalten. Auf den folgenden Befehl hin wird das Programm fortgesetzt:

**OUTPUT 722;"CONT"**

Auch durch Senden des GPIB-Universalbefehls GROUP EXECUTE TRIGGER können Sie ein angehaltenes Unterprogramm fortsetzen. (In diesem Fall löst der Befehl GROUP EXECUTE TRIGGER keine Messung aus, sondern bewirkt lediglich die Fortsetzung des Programms).

## Verschachtelte Unterprogramme

Sie haben die Möglichkeit, ein Unterprogramm aus einem anderen Unterprogramm heraus aufzurufen. (Man spricht in diesem Fall von verschachtelten Unterprogrammen). Hierzu ein Beispiel: Wenn das folgende Programm aufgerufen wird (Befehl CALL 1), führt es zehn Gleichspannungsmessungen aus und ruft dann das zuvor gespeicherte Unterprogramm *DCCUR1* auf.

```
10 OUTPUT 722; "SUB 1"  
20 OUTPUT 722; "TRIG HOLD"  
30 OUTPUT 722; "NRDGS 10,AUTO"  
40 OUTPUT 722; "DCV 10"  
50 OUTPUT 722; "TRIG SGL"  
60 OUTPUT 722; "CALL DCCUR1"  
70 OUTPUT 722; "SUBEND"  
80 END
```

Ein Unterprogramm, das den Befehl PAUSE enthält, kann nicht von einem anderen Unterprogramm aufgerufen werden. Sie können bis zu zehn Unterprogramme verschachteln – das bedeutet, dass das Unterprogramm 1 das Unterprogramm 2 aufruft; dieses wiederum ruft das Unterprogramm 3 auf, usw.; schließlich ruft das Unterprogramm 9 das Unterprogramm 10 auf.

## Automatisches Starten eines Unterprogramms

Wenn ein Unterprogramm mit dem Namen 0 existiert, wird dieses automatisch nach der Einschalt-Sequenz des Multimeters oder nach einer Reset-Operation (**Reset**-Taste) ausgeführt. Dies wird dazu genutzt, das Multimeter automatisch in den Zustand zu bringen, in dem es sich vor einem Netzspannungsausfall befand. Bei einem Netzspannungsausfall speichert das Multimeter automatisch seinen derzeitigen Zustand als Zustand 0 ab. (Zustände werden weiter unten in diesem Kapitel erläutert). Das folgende Programm speichert ein automatisch startendes Unterprogramm ab, welches das Multimeter in den Zustand bringt, in dem es sich vor dem Ausschalten befand, und außerdem die A/D-Wandler-Referenzfrequenz auf den exakten Wert der Netzfrequenz einstellt. (Einzelheiten hierzu siehe unter "[Ändern der Referenzfrequenz](#)" weiter oben in diesem Kapitel).

### 3 Konfigurieren des Multimeters für Messungen

```
10 OUTPUT 722; "SUB 0"  
20 OUTPUT 722;"RSTATE 0"  
30 OUTPUT 722;"LFREQ LINE"  
40 OUTPUT 722; "SUBEND"  
50 END
```

Bei Bedarf können Sie dieses Unterprogramm mit dem Befehl "CALL 0" aufrufen, ohne das Multimeter aus- und wieder einschalten zu müssen.

### Komprimieren von Unterprogrammen

Wenn Sie ein Unterprogramm abspeichern, wird der betreffende ASCII-Text im nichtflüchtigen Speicher des Gerätes abgelegt und eine kompilierte Version des Unterprogramms im flüchtigen Speicher. Wenn Sie ein Unterprogramm aufrufen, führt das Multimeter die kompilierte Version des Unterprogramms aus. (Aus diesem Grund wird ein Unterprogramm schneller ausgeführt als eine entsprechende Folge von GPIB-Befehlen). Wenn das Multimeter ausgeschaltet oder vom Netz getrennt wird, wird lediglich die ASCII-Version abgespeichert. Nach dem Wiedereinschalten erzeugt das Multimeter dann aus dem ASCII-Text ein kompiliertes Unterprogramm. Mit dem Befehl COMPRESS können Sie Unterprogramme komprimieren. Beim Komprimieren eines Unterprogramms wird der zugehörige ASCII-Text aus dem nichtflüchtigen Speicher entfernt, und es verbleibt lediglich die kompilierte Version im flüchtigen Speicher. Dadurch erhöht sich die verfügbare Kapazität des nichtflüchtigen Speichers; allerdings geht das Unterprogramm dann beim Ausschalten des Multimeters oder bei Betätigung der **Reset**-Taste verloren. Der folgende Befehl bewirkt, dass das zuvor gespeicherte Unterprogramm *DCCUR1* komprimiert wird.

```
OUTPUT 722; "COMPRESS DCCUR1"
```

### Löschen von Unterprogrammen

Mit dem Befehl DELSUB können Sie ein bestimmtes Unterprogramm löschen. Der folgende Befehl, beispielsweise, löscht das Unterprogramm *DCCUR1*:

```
OUTPUT 722; "DELSUB DCCUR1"
```

Mit dem Befehl SCRATCH können Sie alle gespeicherten Unterprogramme und Zustände gleichzeitig löschen.

## Benutzung des Zustandsspeichers

Sie haben die Möglichkeit, die aktuelle Multimeterkonfiguration (Messfunktion, Bereich, Auflösung, Integrationszeit usw.) als "Zustand" intern abzuspeichern. Unterprogramme, Messwerte und die Inhalte einiger Math-Register (Einzelheiten hierzu siehe Beschreibung des Befehls SSTATE in [Kapitel 6](#)) sind nicht Bestandteil gespeicherter Zustände. Beim Ausschalten oder bei einem Netzspannungsausfall speichert das Multimeter seine aktuelle Konfiguration als Zustand 0 ab. Wenn Sie einen Zustand in das Register 0 abspeichern, wird dieser Zustand beim Ausschalten des Gerätes überschrieben. Das Multimeter enthält einen 14 kByte großen Speicher, der zum Speichern sowohl von Zuständen als auch Unterprogrammen benutzt werden kann. Jeder Zustand belegt etwa 300 Byte. Wenn keine Unterprogramme gespeichert sind, können maximal 46 Zustände gespeichert werden. Wenn der Unterprogramm/Zustandsspeicher voll ist, wird das *Memory Error*-Bit (Bit 7 des Fehlerregisters) gesetzt.

### Speichern von Zuständen

Mit dem Befehl SSTATE können Sie den aktuellen Zustand des Multimeters unter einem benutzerdefinierten Namen abspeichern. Ein Zustandsname kann bis zu zehn Zeichen enthalten. Der Name kann ausschließlich aus Buchstaben oder aus einer Kombination von Buchstaben und Ziffern bestehen; zulässig sind außerdem die Sonderzeichen "?" und "\_". Sie können auch eine ganze Zahl im Bereich von 0 bis 127 als Zustandsname benutzen. (Davon wird hauptsächlich in der manuellen Betriebsart Gebrauch gemacht). Bei alphanumerischen Namen muss das erste Zeichen ein Buchstabe sein. Multimeterbefehle, Befehlsparameter sowie Namen gespeicherter Gerätezustände dürfen nicht als Zustandsnamen verwendet werden. Wenn Sie eine ganze Zahl als Zustandsnamen spezifizieren, fügt das Multimeter beim Abspeichern des Zustands automatisch den Präfix STATE hinzu. Dadurch ist es möglich, einen ganzzahligen Zustandsnamen von einem ganzzahligen Unterprogrammnamen zu unterscheiden. Beispiel: Ein Zustand mit dem Namen 8 wird als STATE8 abgespeichert. Dieser Zustand kann später unter dem Namen 8 oder STATE8 zurückgerufen werden.

Alle Zustände werden nichtflüchtig gespeichert (d. h. sie gehen beim Ausschalten des Gerätes nicht verloren). Beim Abspeichern eines Zustands wird dieser automatisch compiliert. Dadurch konfiguriert sich das Multimeter beim Zurückrufen des Zustands wesentlich schneller, als wenn es eine entsprechende Befehlsfolge über den GPIB empfangen würde. Beispiel: Der folgende Befehl bewirkt, dass der aktuelle Zustand des Multimeters unter dem Namen ACST1 abgespeichert wird.

**OUTPUT 722; "SSTATE ACST1"**

### Zurückrufen von Zuständen

Mit dem Befehl RSTATE können Sie einen gespeicherten Zustand zurückrufen, d. h. das Multimeter in den betreffenden Zustand bringen. Beispiel: Der folgende Befehl ruft den Zustand ACST1 zurück:

**OUTPUT 722; "RSTATE ACST1"**

Sie können sich die Namen aller gespeicherten Zustände im Display anschauen, indem Sie über die Frontplatte den Befehl RSTATE wählen und dann die Pfeil-oben- oder Pfeil-unten-Taste drücken. Wenn Sie den gewünschten Zustand gefunden haben, können Sie diesen durch Drücken der Enter-Taste zurückrufen.

### Löschen von Zuständen

Mit dem Befehl PURGE können Sie einen bestimmten gespeicherten Zustand löschen. Der folgende Befehl, beispielsweise, löscht den Zustand ACST1:

**OUTPUT 722; "PURGE ACST1"**

Mit dem Befehl SCRATCH können Sie alle gespeicherten Zustände und Unterprogramme gleichzeitig löschen.

## Benutzung des Eingangspuffers

Im Einschalt-/PRESET-NORM-Zustand des Gerätes ist der Eingangspuffer deaktiviert. Das bedeutet, dass das Multimeter nach Empfang eines GPIB-Befehls diesen zuerst vollständig ausführen muss, bevor es den GPIB wieder freigibt oder einen weiteren Befehl akzeptiert. In den meisten Fällen muss der Steuercomputer warten, bis der Bus freigegeben wird, bevor er mit der Programmausführung fortfahren kann; dies gewährleistet die Synchronisation zwischen dem Steuercomputer und dem Messgerät. Besonders deutlich spürbar ist dies bei Befehlen mit langer Ausführungszeit. Wenn Sie beispielsweise mit dem Befehl TEST einen vollständigen Selbsttest initiieren, gibt das Multimeter den GPIB nach Abschluss des Selbsttests wieder frei; dies dauert etwa 50 Sekunden.

Bei aktiviertem Eingangspuffer speichert das Multimeter die empfangenen Befehle zunächst im Eingangspuffer und gibt den GPIB sofort wieder frei. Anschließend liest es die zwischengespeicherten Befehle nacheinander aus dem Eingangspuffer und führt sie aus. Währenddessen kann der Steuercomputer schon wieder andere Operationen ausführen. Das folgende Programm aktiviert den Eingangspuffer und initiiert anschließend einen vollständigen Selbsttest.

```
10 OUTPUT 722; "INBUF ON"  
20 OUTPUT 722; "TEST"  
30 END
```

Der Eingangspuffer kann bis zu 255 Zeichen aufnehmen. Wenn der Steuercomputer mehr Zeichen sendet, als der Eingangspuffer aufnehmen kann, blockiert das Multimeter den GPIB so lange, bis wieder Platz im Puffer frei wird. Danach werden die übrigen Zeichen in den Eingangspuffer übernommen und der GPIB freigegeben.

Wenn der Eingangspuffer aktiviert ist, kann der Steuercomputer nicht unmittelbar erkennen, wann alle zwischengespeicherten Befehle ausgeführt wurden. Das Multimeter liefert diese Information, indem es das Bit 4 ("Ready for instructions") des Statusregisters (siehe folgenden Abschnitt) setzt. Wenn das Statusregister entsprechend konfiguriert wurde, setzt es in diesem Fall die SRQ-Leitung ("Service request") des GPIB auf TRUE. Damit der Steuercomputer auf eine solche Bedienungsanforderung reagieren kann, muss er so programmiert werden, dass er SRQs als Interrupts akzeptiert.

## Benutzung des Statusregisters

Das Statusregister überwacht folgende Ereignisse:

- Unterprogramm ausgeführt
- "Pass/Fail"-Grenzwertverletzung
- SRQ-Befehl ausgeführt
- Gerät wurde eingeschaltet
- Bereit für Befehle
- Fehler
- SRQ gesendet
- Daten verfügbar

Wenn eines dieser Ereignisse eintritt, wird das zugeordnete Statusregister-Bit gesetzt. Die einzelnen Statusregister-Bits haben folgende Bedeutung:

**Bit 0 (Gewicht = 1)** – ein gespeichertes Unterprogramm wurde ausgeführt.

**Bit 1 (Gewicht = 2)** – ein oder mehrere Messwerte haben den für die "Pass/Fail"-Operation spezifizierten oberen oder unteren Grenzwert überschritten. Dieses Bit betrifft sowohl Echtzeit- als auch Post-Processing-Math-Operationen. (Siehe "[PFAIL \(Pass/Fail\)](#)" in [Kapitel 4](#).)

**Bit 2 (Gewicht = 4)** – das Multimeter hat den SRQ-Befehl ausgeführt.

**Bit 3 (Gewicht = 8)** – die Einschalt-Sequenz wurde ausgeführt.

**Bit 4 (Gewicht = 16)** – das Multimeter hat die zuvor empfangenen Befehle ausgeführt und ist zum Empfang weiterer Befehle bereit. (Nachdem bei deaktiviertem Eingangspuffer mit dem Befehl TRIG SGL oder TARM SGL eine Folge von Messungen ausgelöst wurde, kann anhand dieses Bits festgestellt werden, ob alle Messungen ausgeführt wurden).

**Bit 5 (Gewicht = 32) Error** – ein oder mehrere Fehler wurden im Fehlerregister oder Hilfs-Fehlerregister aufgezeichnet. (Weitere Informationen hierzu siehe unter "[Auslesen der Fehlerregister](#)" weiter oben in diesem Kapitel).

### HINWEIS

Mit dem Befehl EMASK können Sie einzelne oder alle Statusregister-Bits "maskieren", um zu verhindern, dass sie gesetzt werden, wenn der zugeordnete Fehler auftritt. Weitere Informationen hierzu siehe unter [EMASK in Kapitel 6](#).

**Bit 6 (Gewicht = 64)** – Das Multimeter hat durch Setzen der SRQ-Leitung einen "Service Request" an den Steuercomputer gesendet. Dieses Bit wird gesetzt, wenn ein beliebiges anderes Statusregister-Bit gesetzt wird, das mit dem Befehl RQS "SRQ-fähig" gemacht wurde. Unter Umständen ist das Bit 6 das einzige gesetzte Statusregister-Bit: Angenommen, ein Fehler hat ein Fehlerregister-Bit gesetzt, wodurch wiederum das Statusregister-Bit 6 gesetzt wurde. Beim anschließenden Auslesen des Fehlerregisters wurde zwar das Fehler-Bit zurückgesetzt, aber das Bit 6 bleibt weiterhin gesetzt.

**Bit 7 (Gewicht = 128)** – ein Messwert oder eine Antwort auf einen Abfragebefehl ist im Ausgangspuffer verfügbar.

## Lesen des Statusregisters

Mit dem Abfragebefehl STB? können Sie das Statusregister lesen. Der Befehl liefert die gewichtete Summe aller gesetzten Bits im Dezimalformat. Beachten Sie, dass das Statusregister durch den Befehl STB? nicht gelöscht (zurückgesetzt) wird. Das folgende Programm liest mit Hilfe des Befehls STB? den Inhalt des Statusregisters.

```
10 OUTPUT 722."STB?"  
20 ENTER 722; A  
30 PRINT A  
40 END
```

Angenommen, Bit 3 (Gewicht = 8) und Bit 7 (Gewicht = 128) sind gesetzt. Dann liefert der Abfragebefehl STB? den Wert 136 (= 8 + 128).

Der Befehl STB? liefert für das Bit 4 (Bereit für Befehle) stets den Wert 0, weil das Multimeter mit der Ausführung des Befehls STB? beschäftigt und daher nicht bereit ist. Wenn Sie das Bit 4 überwachen möchten, müssen Sie das Statusregister mittels einer seriellen Abfrage lesen. Wenn die SRQ-Leitung gesetzt ist, setzt der Befehl SPOLL (Serial Poll, serielle Abfrage) sämtliche Statusregister-Bits zurück.\* Falls Bit 6 zurückgesetzt wird, wird außerdem die SRQ-Leitung wieder auf FALSE gesetzt. Falls die SRQ-Leitung während einer seriellen Abfrage FALSE ist, bleibt der Statusregister-Inhalt erhalten. Das folgende Programm zeigt, wie das Statusregister mit dem Befehl SPOLL gelesen werden kann.

**10 P=SPOLL(722)**

**20 DISP P**

**30 END**

Mit dem folgenden Befehl können Sie das Statusregister<sup>[1]</sup> zurücksetzen:

**OUTPUT 722; "CSB"**

## Interrupts

Wenn ein SRQ-fähiges Statusregister-Bit gesetzt ist, setzt das Multimeter die SRQ-Leitung auf TRUE, wenn das betreffende Bit gesetzt wird. (Die Statusregister-Bits können mit dem Befehl RQS einzeln SRQ-fähig gemacht werden). Bei entsprechender Programmierung verzweigt der Steuercomputer dann zu einer Interrupt-Routine, die die erforderlichen Multimeter-Bedienungsmaßnahmen herausfindet und durchführt. (Einzelheiten zur Interrupt-Programmierung siehe Dokumentation zu Ihrem Steuercomputer).

Damit ein Statusregister-Bit in der Lage ist, die SRQ-Leitung auf TRUE zu setzen, muss es zuvor mit Hilfe des Befehls RQS "SRQ-fähig" gemacht werden. Hierzu ein Beispiel: Angenommen, es soll ein Steuercomputer-Interrupt ausgelöst werden, wenn ein Grenzwert über- oder unterschritten wird (Bit 1), wenn das Multimeter eingeschaltet wird (Bit 3) oder wenn ein Fehler auftritt (Bit 5). Die Dezimaläquivalente dieser Bits sind 2, 8 bzw. 32. Die Dezimalsumme beträgt demnach 42. Um die genannten Bits SRQ-fähig zu machen, müssen Sie den folgenden Befehl senden:

**OUTPUT 722; "RQS 42"**

Wenn jetzt eines der durch die Bits 1, 3 und 5 repräsentierten Ereignisse eintritt, wird das Statusregister-Bit 6 gesetzt und die SRQ-Leitung auf TRUE gesetzt. Beachten Sie, dass auch die nicht-SRQ-fähigen Bits gesetzt werden, wenn das zugeordnete Ereignis eintritt. In diesem Fall wird jedoch weder das Bit 6 gesetzt noch die SRQ-Leitung auf TRUE gesetzt. Das folgende (für einen BASIC-Computer HP Serie 200/300 geschriebene) Programm bietet ein Beispiel für die Verwendung von Interrupts.

[1] Die Bits 4, 5 und 6 wird nicht zurückgesetzt, falls die ihnen zugeordnete(n) Bedingung(en) weiterhin besteht (bestehen).

```
10 !Interrupt, wenn HI/LO-Grenzwert überschritten,  
15 !Fehler, oder Gerät eingeschaltet  
20 OUTPUT 722;"PRESET NORM"  
30 OUTPUT 722; "CSB"  
40 ON INTR 7 GOTO 90  
50 ENABLE INTR 7;2  
60 OUTPUT 722;"RQS 42;MATH PFAIL;SMATH MIN -5;SMATH MAX 5"  
70 OUTPUT 722;"TRIG AUTO"  
80 GOTO 80  
90 OUTPUT 722; "STB?"  
100 ENTER 722;A  
110 IF BINAND (A,2) THEN PRINT "HI/LO-Grenzwertverletzung"  
120 IF BINAND (A,8) THEN PRINT "Multimeter wurde eingeschaltet"  
130 IF BINAND (A,32) THEN PRINT "Fehler aufgetreten"  
140 END
```

Zeile 20 bringt das Multimeter in den Preset-Zustand; dadurch wird u. a. die kontinuierliche Triggerung unterbrochen. Zeile 30 löscht das Statusregister. Zeile 40 weist den Steuercomputer an, im Falle eines Interrupts zu Zeile 90 zu verzweigen. Zeile 50 macht die die GPIB-Schnittstelle SRQ-interruptfähig. Zeile 60 macht die Statusregister-Bits für Grenzwertverletzung, Einschalt-Sequenz und Fehler SRQ-fähig. Zeile 60 aktiviert außerdem die Echtzeit-Math-Operation "Pass/Fail" mit -5 als unterem Grenzwert und +5 als oberem Grenzwert. Zeile 70 aktiviert die automatische Triggerung. Zeile 80 veranlasst den Steuercomputer, auf einen Interrupt zu warten. In den Zeilen 90 bis 130 wird das Statusregister gelesen und das (die) interrupt-auslösende(n) Ereignis(se) ausgedruckt.

### 3 Konfigurieren des Multimeters für Messungen

DIESE SEITE WURDE ABSICHTLICH LEER GELASSEN.

# 4 Durchführung von Messungen

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| Einführung                           | 140 |
| Triggerung von Messungen             | 141 |
| Datenformate für Messwertspeicherung | 159 |
| Benutzung des Messwertspeichers      | 163 |
| Messwertübertragung über den GPIB    | 170 |
| Erhöhen der Messrate                 | 178 |
| EXTOUT-Signal                        | 194 |
| Mathematische Operationen            | 202 |

## Einführung

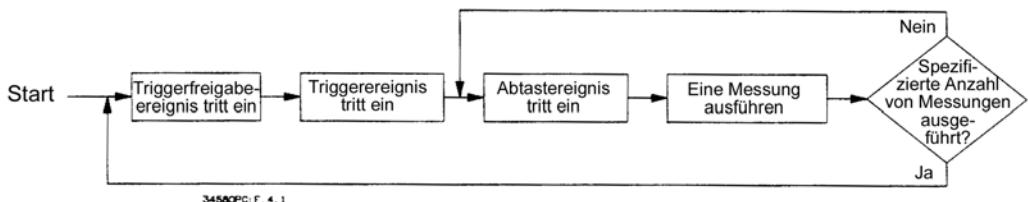
In diesem Kapitel werden folgende Themen behandelt: Triggerverfahren, Messdatenformate, Benutzung des Messwertspeichers, Messdatenübertragung über den GPIB. Außerdem wird erläutert, wie Sie die Messrate und GPIB-Übertragungsgeschwindigkeit erhöhen, die Messrate bestimmen, das EXTOUT-Signal nutzen und die mathematischen Operationen anwenden.

## Triggerung von Messungen

Das Multimeter erfasst nur dann einen Messwert, wenn drei bestimmte Ereignisse in der richtigen Reihenfolge eintreten: (1) Triggerfreigabeereignis, (2) Triggerereignis und (3) Abtastereignis. Ausnahmen von dieser Trigger-Hierarchie gibt es nur in den Betriebsarten "Sub-Sampling" (siehe [Kapitel 5](#)) und "mehrfache Triggerfreigabe" (siehe weiter unten). [Abbildung 4-1](#) zeigt die Zusammenhänge. Erst wenn alle drei Ereignisse in der angegebenen Reihenfolge eingetreten sind, beginnt das Multimeter mit der (den) spezifizierten Messung(en). Im Einschalt-Zustand des Multimeters sind alle drei Ereignisse auf AUTO eingestellt; das Multimeter führt daher eine kontinuierliche Folge von Messungen aus. In den meisten Anwendungen genügt es, eines oder zwei dieser Ereignisse zur Triggersteuerung zu verwenden und die beiden übrigen Ereignisse (bzw. das übrige Ereignis) auf AUTO zu belassen. Nachfolgend werden die verschiedenen Ereignisse beschrieben, die die Anforderungen an Triggerfreigabe-, Trigger- und Abtastereignisse erfüllen. Die Anwendung dieser Ereignisse wird anhand von Beispielen erläutert.

### HINWEIS

Die in diesem Handbuch beschriebenen Beispiele beziehen sich auf einen BASIC-Computer Hewlett-Packard Serie 200\300. Sie setzen den GPIB Interface Select Code 7 und die Geräteadresse 22 voraus; dies ergibt die kombinierte GPIB-Adresse 722. Bei einigen der nachfolgenden Beispiele werden die Messwerte intern abgespeichert, bei anderen werden sie zum Steuercomputer übertragen. Die mögliche Messdatenzeile werden weiter unten in diesem Kapitel unter "[Benutzung des Messwertspeichers](#)" und "[Messwertübertragung über den GPIB](#)" ausführlich erläutert.



**Abbildung 4-1** Trigger-Hierarchie

## Triggerfreigabeereignis

Beim Eintreten des Triggerfreigabeereignisses wird der Triggermechanismus des Multimeters "scharfgestellt". Ein Triggerereignis ist nur dann wirksam, wenn ihm ein Triggerfreigabeereignis vorangegangen ist. Das Triggerfreigabeereignis wird mit dem Befehl TARM spezifiziert.

## Triggerereignis

Wenn das spezifizierte Triggerereignis eintritt (und zuvor bereits das Triggerfreigabeereignis eingetreten war), wird dadurch ein nachfolgendes Abtastereignis wirksam. Das Triggerereignis wird mit dem Befehl TRIG spezifiziert.

## Abtastereignis

Wenn das Abtastereignis eintritt (und zuvor bereits das Triggerfreigabeereignis und das Triggerereignis eingetreten waren), führt das Multimeter eine Messung aus. Anschließend führt das Multimeter so lange nach jedem Abtastereignis eine Einzelmessung aus, bis die spezifizierte Anzahl von Messwerten erfasst wurde. Der erste Parameter des Befehls NRDGS (Number of Readings, Anzahl der Messwerte) spezifiziert, wieviele Messwerte pro Triggerereignis zu erfassen sind. Der zweite Parameter spezifiziert das Abtastereignis, d. h. das Ereignis, das jeweils eine Einzelmessung auslöst.

## Ereignistypen

Es stehen zahlreiche Ereignistypen zur Verwendung als Triggerfreigabe-, Trigger- und Abtastereignisse zur Auswahl. **Tabelle 4-1** beschreibt die verfügbaren Ereignisparameter und die Befehle, für die sie jeweils zulässig sind.

**Table 4-1** Event parameters

| Ereignis parameter   | Verwendbar mit:<br>TARM | Verwendbar mit:<br>TRIG | NRDGS | Beschreibung des Ereignisses  |
|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------|---|
| AUTO                 | ✓                       | ✓                       | ✓     | Dieses Ereignis tritt immer dann, wenn ein Ereignis benötigt wird, automatisch ein.   |
| EXT                  | ✓                       | ✓                       | ✓     | Dieses Ereignis tritt ein, wenn am "External Trigger"-Eingang des Multimeters eine negative Signallanke anliegt.  |
| HOLD                 | ✓                       | ✓                       |       | Die Messungen werden angehalten.  |
| LEVEL <sup>[a]</sup> |                         | ✓                       | ✓     | Dieses Ereignis tritt ein, wenn die spezifizierte Eingangssignalanlage den spezifizierten Spannungswert erreicht.   |
| LINE <sup>[b]</sup>  |                         | ✓                       | ✓     | Dieses Ereignis tritt beim Netzspannungs-Nulldurchgang ein.   |
| SGL                  | ✓                       | ✓                       |       | Dieses Ereignis wird durch den Befehl TARM SGL oder TRIG SGL ausgelöst; es tritt nur einmal ein und wird dann zu HOLD.  |
| SYN                  | ✓                       | ✓                       | ✓     | Dieses Ereignis tritt ein, wenn der Steuercomputer Daten anfordert, während der Ausgangspuffer des Multimeters leer und der Messwertspeicher deaktiviert oder leer ist. |
| TIMER <sup>[b]</sup> |                         |                         | ✓     | Dieses Ereignis tritt zwischen den Messungen automatisch nach Ablauf des spezifizierten Zeitintervalls ein.   |

[a] Das Trigger- oder Abtastereignis LEVEL ist nur auf die Messfunktionen DCV und "Direct-Sampling"-Digitalisierung anwendbar.

[b] Die Ereignisse TIMER und LINE sind nicht anwendbar auf folgende Messfunktionen: ACV oder AC+DCV nach dem "Synchronous-Sampling"- oder "Random-Sampling"-Verfahren; Frequenz; Periode.

## Kontinuierliche Messungen

Im Einschalt-Zustand des Multimeters sind die Triggerfreigabe-, Trigger- und Abtastereignisse auf AUTO eingestellt. Bei dieser Einstellung führt das Multimeter eine kontinuierliche Folge von Messungen aus. Normalerweise sollten die kontinuierlichen Messungen unterbrochen werden, bevor das Multimeter konfiguriert wird. Dies erreichen Sie mit dem Befehl TARM HOLD oder TRIG HOLD, oder indem Sie das Multimeter in einen der PRESET-Zustände bringen (siehe "Unterbrechen der kontinuierlichen Messungen" in Kapitel 3). Nach dem Konfigurieren des Multimeters können Sie mit dem folgenden Befehl die Fortsetzung der kontinuierlichen Messungen veranlassen (sofern nicht zwischenzeitlich die übrigen Triggerereignisse geändert wurden):

`OUTPUT 722;"TARM AUTO"`

**!Die mit dem Befehl TARM HOLD, PRESET FAST oder PRESET DIG unterbrochene kontinuierliche Messung wird fortgesetzt.**

oder

`OUTPUT 722; "TRIG AUTO"`

**!Die mit dem Befehl TRIG HOLD oder PRESET NORM unterbrochene kontinuierliche Messung wird fortgesetzt.**

## Einzelmessungen

Der Befehl NRDGS spezifiziert die Anzahl der Messungen pro Triggerereignis sowie das Abtastereignis, das die einzelnen Messungen auslöst. Im Einschalt-, RESET-, PRESET-NORM- oder PRESET-FAST-Zustand ist die Anzahl der Messungen pro Trigger auf 1 eingestellt, und das Abtastereignis ist AUTO (NRDGS 1,AUTO). Falls eine kontinuierliche Messfolge unterbrochen wurde, können Sie in jedem dieser Zustände mit dem Befehl TARM SGL oder TRIG SGL (je nachdem, wodurch die Messfolge unterbrochen wurde) eine Einzelmessung initiieren. Hierzu ein Beispiel: Das folgende Programm bringt das Multimeter in die Grundeinstellung und wählt als Triggerfreigabeereignis HOLD, wodurch die kontinuierliche Messfolge unterbrochen wird. In den Zeilen 30 bis 50 wird die Konfiguration verändert. In Zeile 30 wird eine Einzelmessung ausgelöst; das Messergebnis wird zum Steuercomputer übertragen und auf dessen Bildschirm angezeigt. Nach der Einzelmessung wird das Triggerfreigabeereignis zu HOLD, sodass keine weiteren Messungen stattfinden.

```

10 OUTPUT 722;"RESET"          !Reset, alle Triggerereignisse AUTO
20 OUTPUT 722;"TARM HOLD"      !Kontinuierliche Messfolge unterbrechen
30 OUTPUT 722;"DCV 10"         !Messfunktion DCV, Bereich 10 V
40 OUTPUT 722;"NPLC 1"         !Integrationszeit 1 PLC
50 OUTPUT 722;"AZERO OFF"      !"Autozero"-Funktion aus
60 OUTPUT 722;"TARM SGL"        !Einzelmessung triggern
70 ENTER 722;A                 !Messwert einlesen
80 PRINT A                      !Messwert ausdrucken
90 END

```

Im PRESET-NORM-Zustand ist die kontinuierliche Messfolge unterbrochen, weil das Triggerereignis SYN ist. (Das SYN-Ereignis wird weiter unten in diesem Kapitel erläutert). In diesem Zustand können Sie mit dem Befehl TRIG SGL eine Einzelmessung auslösen. Hierzu ein Beispiel: In Zeile 10 des folgenden Programms wird SYN als Triggerereignis spezifiziert; dadurch wird die kontinuierliche Messfolge unterbrochen. In Zeile 20 wird eine Einzelmessung ausgelöst, deren Ergebnis zum Steuercomputer übertragen und auf dessen Bildschirm angezeigt wird. Nach Ausführung des Befehls TRIG SGL wird das Triggerereignis automatisch zu HOLD, und es finden keine weiteren Messungen statt.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET NORM"      !TARM AUTO, TRIG SYN, NRDGS 1,AUTO
20 OUTPUT 722;"TRIG SGL"         !Einzelmessung triggern
30 ENTER 722;A                  !Messwert einlesen
40 PRINT A                      !Messwert ausdrucken
50 END

```

## Mehrfachmessungen

Mit dem Befehl NRDGS können Sie das Multimeter dazu veranlassen, mehrere Messungen pro Triggerereignis auszuführen. Hierzu ein Beispiel: Das folgende Programm konfiguriert das Multimeter für 10 Messungen pro Triggerereignis (wobei jedes Abtastereignis eine Einzelmessung auslöst), triggert 10 Messungen und überträgt deren Ergebnisse zum Steuercomputer. Beachten Sie, dass der Eingangspuffer aktiv ist (Zeile 40). Bei deaktiviertem Eingangspuffer würde das Ereignis SGL (Zeile 60) den GPIB bis zum Abschluss der letzten Messung blockieren. In Zeile 70 würde dann nur der letzte der zehn Messwerte zum Steuercomputer übertragen werden. Durch das Aktivieren des Eingangspuffers wird verhindert, dass der Befehl TRIG SGL den Bus blockiert, und erreicht, dass die einzelnen Messwerte sofort nach Verfügbarkeit übertragen werden.

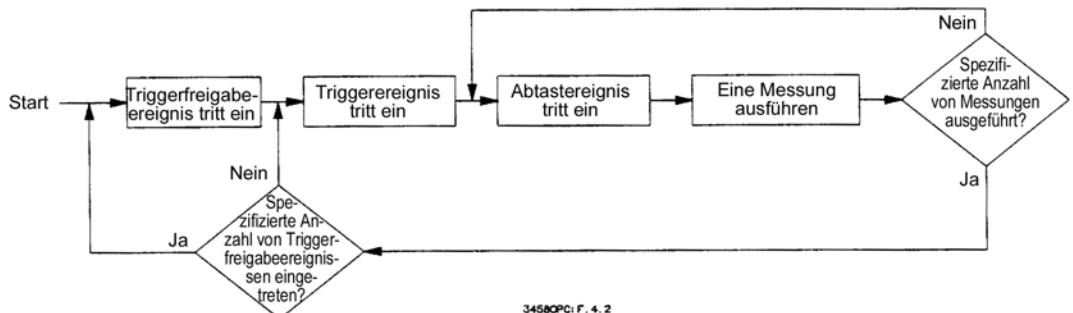
```

10 OPTION BASE 1           !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 DIM Rdgs(10)          !Dimensionierung eines Arrays für zehn
25                         !Messwerte
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM" !TARM AUTO, TRIG SYN, DCV AUTORANGE
40 OUTPUT 722;"INBUF ON"   !Eingangspuffer aktivieren
50 OUTPUT 722;"NRDGS 10, AUTO" !10 Messwerte pro Trigger, Abtastereignis AUTO
60 OUTPUT 722;"TRIG SGL"    !Messwerte triggern
70 ENTER 722;Rdgs(*)      !Messwerte einlesen
80 PRINT Rdgs(*)          !Messwerte ausdrucken
90 END

```

## Mehrfache Triggerfreigabe

Der zweite Parameter des Befehls TARM ermöglicht eine mehrfache Triggerfreigabe. Ein einziges Triggerfreigabeereignis gibt dann die Triggerung so oft frei, wie dieser Parameter spezifiziert. (Für mehrfache Triggerfreigabe müssen Sie SGL als Triggerfreigabeereignis spezifizieren.) [Abbildung 4-2](#) zeigt das Ablaufdiagramm für mehrfache Triggerfreigabe.



**Abbildung 4-2** Mehrfache Triggerfreigabe

In dem folgenden Programm spezifiziert der Befehl NRDGS zehn Messungen pro Triggerereignis. Der zweite Parameter des Befehls TARM spezifiziert fünf aufeinanderfolgende Triggerfreigaben. Das Multimeter führt insgesamt 50 Messungen (in fünf Gruppen mit jeweils zehn Messungen) aus.

```

10 OPTION BASE 1           !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 DIM Rdgs(50)          !Dimensionierung eines Arrays für 50 Messwerte
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM" !TARM AUTO, TRIG SYN, DCV AUTORANGE
40 OUTPUT 722;"TARM HOLD" !Triggerfreigabeereignis HOLD
50 OUTPUT 722;"TRIG AUTO" !Triggerereignis AUTO
60 OUTPUT 722;"INBUF ON"  !Eingangspuffer aktivieren
70 OUTPUT 722;"NRDGS 10,AUTO" !10 Messwerte pro Trigger, Abtastereignis AUTO
80 OUTPUT 722;"TARM SGL,5" !Fünffache Triggerfreigabe
90 ENTER 722;Rdgs(*)      !Messwerte einlesen
100 PRINT Rdgs(*)         !Messwerte ausdrucken
110 END

```

## Synchrone Messungen

Sie können das Multimeter mit dem Steuercomputer synchronisieren, indem Sie für die Triggerfreigabe-, Trigger- und/oder Abtastereignisse SYN spezifizieren.

Dieses Ereignis tritt ein, wenn der Steuercomputer Daten anfordert, während der Ausgangspuffer des Multimeters leer und der Messwertspeicher deaktiviert oder leer ist. Das bedeutet, dass das Multimeter immer dann eine Messung ausführt, wenn der Steuercomputer einen Messwert anfordert. Dies kann im Fernsteuerungsbetrieb sehr wichtig sein, insbesondere bei Messungen im "High-speed"-Modus des Multimeters.

Im "High-speed"-Modus gewährleistet das Ereignis SYN, dass der Steuercomputer zum Einlesen von Messwerten bereit ist und die Messrate nicht begrenzt. Weitere Informationen siehe unter "["High-Speed"-Modus](#)" weiter unten in diesem Kapitel. In dem folgenden Programm spezifiziert der Befehl PRESET NORM das Triggerereignis SYN. In Zeile 40 werden 15 Messwerte pro SYN-Triggerereignis spezifiziert. In Zeile 50 fordert der Steuercomputer Daten vom Multimeter an. Dadurch tritt das Triggerereignis SYN ein und initiiert die Messfolge. Beachten Sie, dass in Zeile 50 insgesamt 15 Messwerte vom Multimeter angefordert werden. Wenn mehrere Messungen pro Triggerereignis und SYN als Trigger- oder Triggerfreigabeereignis spezifiziert wurden, wertet das Multimeter die mehrfachen Datenanforderungen nicht als individuelle SYN-Ereignisse. Das Triggerereignis SYN tritt daher in diesem Programm nur einmal, nicht 15 mal, ein.

```

10 OPTION BASE 1          !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 DIM Rdgs (15)         !Dimensionierung eines Arrays für 15
25                         !Messwerte
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM" !TARM AUTO, TRIG SYN, DCV AUTORANGE, MEM OFF
40 OUTPUT 722;"NRDGS 15,AUTO" !15 Messwerte pro Trigger, Abtastereignis
45                         !AUTO
50 ENTER 722;Rdgs(*)      !SYN-Ereignis generieren, Messwerte einlesen
55                         !sen
60 PRINT Rdgs(*)          !Messwerte ausdrucken
70 END

```

Das folgende Programm verwendet SYN als Abtastereignis. In Zeile 60 fordert der Steuercomputer 15 mal Daten vom Multimeter an. Bei Verwendung von SYN als Abtastereignis wird jede Datenanforderung als ein SYN-Ereignis gewertet. Das SYN-Ereignis tritt daher in diesem Programm 15 mal ein.

```

10 OPTION BASE 1          !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 DIM Rdgs (15)         !Dimensionierung eines Arrays für 15
25                         !Messwerte
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM" !TARM AUTO, TRIG SYN, DCV AUTORANGE
40 OUTPUT 722;"NRDGS 15,SYN" !15 Messwert pro Triggerereignis, Abtaster-
45                         !eignis SYN
50 OUTPUT 722;"TRIG AUTO"  !Triggerereignis AUTO
60 ENTER 722;Rdgs(*)      !15 mal SYN-Ereignis und Messwert einlesen
70 DISP Rdgs(*)          !Messwerte ausdrucken
80 END

```

## Timer-gesteuerte Messungen

Mit dem Abtastereignis TIMER können Sie bei Mehrfachmessungen (mehrere Messungen pro Triggerereignis) die Zeitabstände der einzelnen Messungen vorgeben – genauer: das Zeitintervall zwischen dem Beginn einer Messung und dem Beginn der nachfolgenden Messung. Die Länge des Zeitintervalls in Sekunden wird mit dem Befehl TIMER spezifiziert. Falls das spezifizierte Zeitintervall kürzer ist als die für eine Messung erforderliche Zeit, meldet das Multimeter den Fehler TRIG TOO FAST (zu schnelle Triggerung). Das folgende Programm spezifiziert acht Messungen pro Triggerereignis in Zeitabständen von jeweils einer Sekunde (siehe Abbildung 4-3).

```

10 OPTION BASE 1           !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 DIM Rdgs (8)          !Dimensionierung eines Arrays für 8 Messwerte
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM" !TARM AUTO, TRIG SYN, DCV AUTORANGE
40 OUTPUT 722;"NRDGS 8, TIMER" !8 Messungen pro Triggerereignis, Abtastereignis TIMER
45                           !Timer-Intervall 1 s
50 OUTPUT 722;"TIMER 1"    !SYN-Ereignis, nacheinander die Messwerte einlesen
60 ENTER 722;Rdgs(*)      !Messwerte ausdrucken
65
70 PRINT Rdgs(*)         !
80 END

```

Die beiden Befehle NRDGS n,TIMER und TIMER lassen sich durch den Befehl SWEEP ersetzen. Der erste Parameter des Befehls SWEEP spezifiziert das Zeitintervall zwischen den Messungen, der zweite Parameter spezifiziert die Anzahl der Messungen. (Die Befehle SWEEP und NRDGS sind gegeneinander austauschbar: das Multimeter führt immer denjenigen Befehl aus, der als letzter in dem Programm vorkommt.) Das folgende Programm spezifiziert ebenfalls acht Messungen pro Triggerereignis in Zeitabständen von jeweils einer Sekunde (siehe Abbildung 4-3).

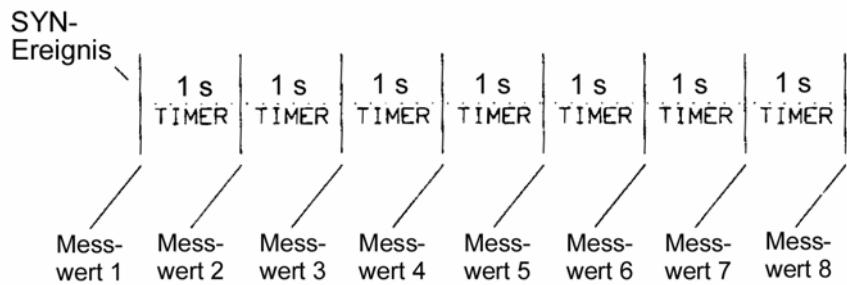
```

10 OPTION BASE 1           !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 DIM Rdgs (8)          !Dimensionierung eines Arrays für 8 Messwerte
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM" !TARM AUTO, TRIG SYN, DCV AUTORANGE
40 OUTPUT 722;"SWEEP 1,8"   !Zeitintervall 1 s, 8 Messungen pro Triggerereignis
45
50 ENTER 722; Rdgs(*)     !SYN-Ereignis, die einzelnen Messwerte einlesen
60 PRINT Rdgs(*)          !Messwerte ausdrucken
70 END

```

## HINWEIS

Das Abtastereignis TIMER deaktiviert, ebenso wie der Befehl SWEEP, die "Autorange"-Funktion. Die Ereignisse TIMER und SWEEP sind nicht anwendbar auf folgende Messfunktionen: ACV oder AC+DCV nach dem "Synchronous-Sampling"- oder "Random-Sampling"-Verfahren (SETACV SYNC bzw. RNDM); Frequenz; Periode.

**Abbildung 4-3** TIMER- oder SWEEP-Intervall

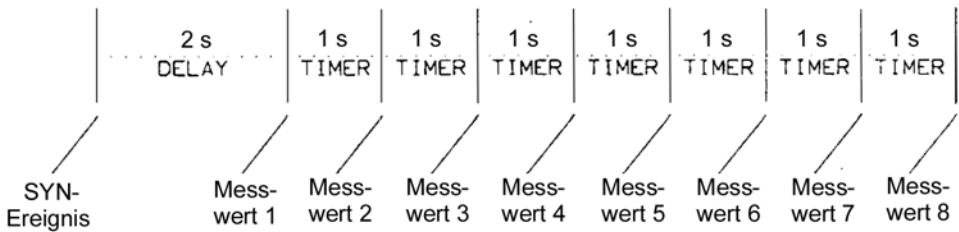
### Verzögerte Messungen

Mit dem Befehl **DELAY** können Sie eine Verzögerungszeit spezifizieren, die zwischen dem Triggerereignis und dem ersten Abtastereignis eingefügt wird. Das folgende Programm spezifiziert eine Verzögerungszeit von zwei Sekunden und ein SWEEP-Intervall von einer Sekunde. Zeile 40 spezifiziert acht Messungen pro Triggerereignis. Wie aus [Abbildung 4-4](#) hervorgeht, wird die Verzögerungszeit zwischen dem Triggerereignis (TRIG SGL) und der ersten Messung eingefügt. Anschließend wird nach jeder Messung das SWEEP-Intervall eingefügt. Die Gesamtverzögerung beträgt bei diesem Beispiel neun Sekunden.

```

10 OPTION BASE 1           ! Array-Indizierung beginnt mit 1
20 DIM Rdgs(8)            ! Dimensionierung eines Messwert-Arrays
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM" ! TARM AUTO, TRIG SYN, DCV AUTORANGE
40 OUTPUT 722;"SWEEP 1,8"   ! Zeitintervall 1 s, 8 Messungen pro Triggerereig-
45                           ! nis
50 OUTPUT 722;"DELAY 2"     ! Verzögerungszeit 2 s
60 ENTER 722;Rdgs(*)       ! Messwerte einlesen
70 PRINT Rdgs(*)          ! Messwerte ausdrucken
80 END

```



**Abbildung 4-4** DELAY mit SWEEP (oder TIMER)

### Standard-Verzögerungswerte

Falls Sie keinen DELAY-Wert spezifizieren, verwendet das Multimeter automatisch einen Standardwert, der von der aktuellen Messfunktion, dem Bereich, der Auflösung und der spezifizierten AC-Bandbreite abhängig ist. Der Standardwert für DELAY ist gleich der Einschwingzeit, die das Multimeter für genaue Messungen benötigt. Beim Umschalten der Messfunktion, des Bereichs, der Auflösung oder der AC-Bandbreite wird der Standardwert für DELAY automatisch angepasst. Wenn Sie jedoch einen DELAY-Wert explizit spezifizieren, ändert dieser sich nur bei einer RESET- oder PRESET-Operation, oder wenn das Multimeter aus- und wieder eingeschaltet wird, oder wenn ein anderer DELAY-Wert spezifiziert wird, oder wenn mit dem Befehl `DELAY -1` der Standardwert (= automatisch) gewählt wird. Das folgende Programm fragt mit dem Befehl `DELAY?` die Verzögerungszeit für den PRESET-NORM-Zustand ab.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET NORM"
20 OUTPUT 722;"DELAY?"
30 ENTER 722;A$
40 PRINT A$
50 END

```

### Externe Triggerung

Das Ereignis EXT (external) ermöglicht es, das Multimeter durch eine externe Quelle zu triggern. Dieses Ereignis kann als Triggerfreigabe-, Trigger- und/oder Abtastereignis verwendet werden. Das Ereignis EXT tritt ein, wenn am rückseitigen **Ext Trig**-Anschluss eine negative TTL-Signalflanke anliegt. Voraussetzung für eine zuverlässige Erkennung des Extern-Triggersignals ist eine Impulsbreite von mindestens 250 ns. Die Bandbreite der Extern-Trigger-Schaltung beträgt 5 MHz.

Das folgende Programm verwendet EXT als Triggerereignis. Das Abtastereignis ist AUTO; die Anzahl der Messungen pro Triggerereignis beträgt 1. Sobald am **Ext Trig**-Anschluss eine negative TTL-Signalflanke anliegt, führt das Multimeter ein Einzelmessung aus und überträgt den Messwert zum Steuercomputer. Eine zweite negative Flanke löst eine zweite Messung mit anschließender Messwertübertragung zum Steuercomputer aus. Dies geht so weiter, bis insgesamt 20 Messwerte erfasst und zum Steuercomputer übertragen sind.

```

10 OPTION BASE 1           !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 DIM Rdgs(20)          !Dimensionierung eines Messwert-Arrays
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM" !TARM AUTO,TRIG SYN, NRDGS 1,AUTO,
50 OUTPUT 722;"TRIG EXT"   !Externe Triggerung einer Einzelmessung
60 ENTER 722;Rdgs(*)      !Messwerte einlesen
70 PRINT Rdgs(*)          !Messwerte ausdrucken
80 END

```

Bei dem folgenden Beispiel wird EXT als Abtastereignis verwendet. Das Triggerereignis ist SYN (Standardwert im PRESET-NORM-Zustand). Die Anzahl der Messungen pro Triggerereignis beträgt 10. Sobald der Steuercomputer die Zeile 50 ausführt, tritt das Ereignis SYN ein und gibt das Abtastereignis (EXT) frei. Sobald am **Ext Trig**-Anschluss eine negative TTL-Signalflanke anliegt, führt das Multimeter ein Einzelmessung aus und überträgt den Messwert zum Steuercomputer. Eine zweite negative Flanke löst eine zweite Messung mit anschließender Messwertübertragung zum Steuercomputer aus. Dies geht so weiter, bis insgesamt 10 Messwerte erfasst und zum Steuercomputer übertragen sind.

```

10 OPTION BASE 1           !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 DIM Rdgs(10)           !Dimensionierung eines Messwert-Arrays
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM" !TARM AUTO, TRIG SYN, DCV AUTORANGE
40 OUTPUT 722;"NRDGS 10,EXT" !10 Messungen pro Triggerereignis, Abtastereignis EXT
45
50 ENTER 722;Rdgs(*)      !Messwerte einlesen
60 PRINT Rdgs(*)          !Messwerte ausdrucken
70 END

```

## HINWEIS

Im Abschnitt "EXTOUT-Signal" (weiter unten in diesem Kapitel) finden Sie Beispiele dafür, wie Sie das Multimeter mit einem externen Multiplexer synchronisieren können.

## Extern-Trigger-Pufferung

Durch Trigger-Pufferung können Sie den Fehler TRIGGER TOO FAST verhindern, der auftreten kann, wenn Sie EXT als Triggerfreigabe-, Trigger- oder Abtastereignis spezifizieren. Bei deaktivierter Trigger-Pufferung verursachen etwaige externe Trigger, die während einer laufenden Messung empfangen werden, den Fehler TRIGGER TOO FAST (zu schnelle Triggerung), und werden ignoriert. Bei aktiverer Trigger-Pufferung wird der erste Trigger, der während einer laufenden Messung empfangen wird, gespeichert, und weder dieser noch nachfolgende Trigger verursachen eine Fehlermeldung. Nach Abschluss der Messung zählt der gespeicherte Trigger als EXT-Ereignis, falls das Multimeter entsprechend programmiert ist. Die Trigger-Pufferung ist nützlich, wenn Sie einen externen Multiplexer verwenden, der mit Hilfe des Multimeter-Steuersignals EXTOUT und des Ereignisses ICOMP (input complete) mit dem Multimeter synchronisiert ist. Da der ICOMP-Impuls schon vor dem Abschluss der laufenden Messung ausgegeben wird, kann es vorkommen, dass der Multiplexer den nächsten Kanal schließt und seinen "Channel closed"-Impuls ausgibt (der das Multimeter triggert), bevor die Messung abgeschlossen ist. (Weitere Informationen hierzu siehe unter "**"Input complete"**-Ereignis weiter unten in diesem Kapitel). Im Einschalt-Zustand des Multimeters ist die Trigger-Pufferung deaktiviert. Mit dem folgenden Befehl können Sie die Trigger-Pufferung aktivieren:

```
OUTPUT 722; "TBUFF ON"
```

Mit dem folgenden Befehl können Sie die Trigger-Pufferung deaktivieren:

```
OUTPUT 722; "TBUFF OFF"
```

## Ereigniskombinationen

Die diversen Triggerfreigabe-, Trigger- und Abtastereignisse lassen sich in vielfältiger Weise miteinander kombinieren und auf die spezifischen Anforderungen Ihrer Anwendung abstimmen. **Tabelle 4-2** zeigt alle möglichen Kombinationen dieser Ereignisse und beschreibt zu jeder Kombination die resultierende Triggersequenz.

**Tabelle 4-2** Ereigniskombinationen

| Triggerfr-eigabe-ereignis | Trigger-ereignis | Abtast-ereignis                     | Beschreibung   |
|---------------------------|------------------|-------------------------------------|--|
| AUTO                      | AUTO             | Beliebig                            | Es wird jeweils eine Messung pro Abtastereignis ausgeführt (falls das Abtastereignis AUTO ist, wird eine kontinuierliche Messfolge ausgeführt).  |
| AUTO                      | EXT              | AUTO, EXT,<br>TIMER,<br>LINE, LEVEL | Auf eine negative Flanke am <b>Ext Trig</b> -Eingang hin wird so lange jeweils eine Messung pro Abtastereignis ausgeführt, bis die spezifizierte Anzahl von Messungen erreicht ist.  |
| AUTO                      | EXT              | SYN                                 | Unzulässig.  |
| AUTO                      | LEVEL            | AUTO, EXT,<br>TIMER,<br>LEVEL       | Auf das Ereignis LEVEL <sup>[a]</sup> hin wird so lange jeweils eine Messung pro Abtastereignis ausgeführt, bis die spezifizierte Anzahl von Messungen erreicht ist.   |
| AUTO                      | LEVEL            | SYN, LINE                           | Unzulässig.  |
| AUTO                      | LINE             | AUTO, EXT,<br>TIMER,<br>LINE        | Auf den Netzspannungs-Nulldurchgang hin wird so lange jeweils eine Messung pro Abtastereignis ausgeführt, bis die spezifizierte Anzahl von Messungen erreicht ist.   |
| AUTO                      | LINE             | SYN, LEVEL                          | Unzulässig.  |
| AUTO                      | SGL              | Beliebig                            | Auf den Befehl TRIG SGL hin wird so lange jeweils eine Messung pro Abtastereignis ausgeführt, bis die spezifizierte Anzahl von Messungen erreicht ist. Das Triggerereignis wird anschließend zu HOLD. Wenn als Abtastereignis SYN spezifiziert wurde, muss der Eingangspuffer aktiviert sein, oder Sie müssen beim Senden des Befehls TRIG SGL den Wagenrücklauf/Zeilenvorschub-Code unterdrücken. |
| AUTO                      | SYN              | SYN                                 | Nach einer Datenanforderung durch den Steuercomputer <sup>[b]</sup> sind beide SYN-Ereignisbedingungen erfüllt, und es erfolgt die erste Messung. Anschließend wird so lange jeweils eine Messung pro SYN-Ereignis ausgeführt, bis die spezifizierte Anzahl von Messungen erreicht ist.  |
| AUTO                      | SYN              | AUTO, EXT,<br>LEVEL,<br>LINE, TIMER | Nach einer Datenanforderungen durch den Steuercomputer <sup>[b]</sup> wird so lange jeweils eine Messung pro Abtastereignis ausgeführt, bis die spezifizierte Anzahl von Messungen erreicht ist.   |

**Tabelle 4-2** Ereigniskombinationen (Fortsetzung)

| Triggerfr<br>eigabe-<br>ereignis | Trigger-<br>ereignis | Abtast-<br>ereignis                 | Beschreibung  |
|----------------------------------|----------------------|-------------------------------------|---|
| EXT                              | AUTO                 | Beliebig                            | Auf eine negative Flanke am <b>Ext Trig</b> -Eingang hin wird so lange jeweils eine Messung pro Abtastereignis ausgeführt, bis die spezifizierte Anzahl von Messungen erreicht ist.   |
| EXT                              | EXT                  | AUTO, EXT,<br>TIMER,<br>LINE, LEVEL | Nach zwei negativen Flanken am <b>Ext Trig</b> -Eingang wird so lange jeweils eine Messung pro Abtastereignis ausgeführt, bis die spezifizierte Anzahl von Messungen erreicht ist.  |
| EXT                              | EXT                  | SYN                                 | Unzulässig.   |
| EXT                              | LEVEL                | AUTO, EXT,<br>TIMER,<br>LEVEL       | Nach einer negativen Flanke am <b>Ext Trig</b> -Eingang und darauffolgendem LEVEL-Ereignis <sup>[a]</sup> wird so lange jeweils eine Messung pro Abtastereignis ausgeführt, bis die spezifizierte Anzahl von Messungen erreicht ist.  |
| EXT                              | LEVEL                | SYN, LINE                           | Unzulässig.   |
| EXT                              | LINE                 | AUTO, EXT,<br>TIMER,<br>LINE        | Nach einer negativen Flanke am <b>Ext Trig</b> -Eingang und darauffolgendem Netzspannungs-Nulldurchgang wird so lange jeweils eine Messung pro Abtastereignis ausgeführt, bis die spezifizierte Anzahl von Messungen erreicht ist.  |
| EXT                              | LINE                 | SYN, LEVEL                          | Unzulässig.   |
| EXT                              | SGL                  | ANY                                 | Unzulässig.   |
| EXT                              | SYN                  | SYN                                 | Nach einer negativen Flanke am <b>Ext Trig</b> -Eingang und nachfolgender Datenanforderung durch den Steuercomputer <sup>[b]</sup> (wodurch beide SYN-Ereignisbedingungen erfüllt sind), wird die erste Messung ausgeführt. Anschließend wird so lange jeweils eine Messung pro SYN-Ereignis ausgeführt, bis die spezifizierte Anzahl von Messungen erreicht ist. |
| EXT                              | SYN                  | AUTO, EXT,<br>TIMER,<br>LINE, LEVEL | Nach einer negativen Flanke am <b>Ext Trig</b> -Eingang und darauffolgender Datenanforderung durch den Steuercomputer <sup>[b]</sup> wird so lange jeweils eine Messung pro Abtastereignis ausgeführt, bis die spezifizierte Anzahl von Messungen erreicht ist.   |
| HOLD                             | Beliebig             | Beliebig                            | Es werden so lange keine Messungen ausgeführt, bis das Triggerfreigabeereignis geändert wird.   |

**Tabelle 4-2** Ereigniskombinationen (Fortsetzung)

| Triggerfreigabeereignis      | Triggerereignis | Abtastereignis                      | Beschreibung   |
|------------------------------|-----------------|-------------------------------------|--|
| AUTO,<br>EXT,<br>SGL,<br>SYN | HOLD            | Beliebig                            | Es werden so lange keine Messungen ausgeführt, bis das Triggerereignis geändert wird. Wenn als Triggerfreigabeereignis SGL und als Abtastereignis SYN spezifiziert wurde, muss der Eingangspuffer aktiviert sein, oder Sie müssen beim Senden des Befehls TARM SGL den Wagenrücklauf/Zeilenvorschub-Code unterdrücken.   |
| SGL                          | AUTO            | Beliebig                            | Auf den Befehl TARM SGL hin wird so lange jeweils eine Messung pro Abtastereignis ausgeführt, bis die spezifizierte Anzahl von Messungen erreicht ist. Das Triggerfreigabeereignis wird anschließend zu HOLD. Wenn als Abtastereignis SYN spezifiziert wurde, muss der Eingangspuffer aktiviert sein, oder Sie müssen beim Senden des Befehls TARM SGL den Wagenrücklauf/Zeilenvorschub-Code unterdrücken. |
| SGL                          | EXT             | AUTO, EXT,<br>TIMER,<br>LINE, LEVEL | Nach Ausführung des Befehls TARM SGL und einer darauffolgenden negativen Flanke am <b>Ext Trig</b> -Eingang wird so lange jeweils eine Messung pro Abtastereignis ausgeführt, bis die spezifizierte Anzahl von Messungen erreicht ist. Das Triggerfreigabeereignis wird anschließend zu HOLD.  |
| SGL                          | EXT             | SYN                                 | Unzulässig.  |
| SGL                          | LEVEL           | AUTO, EXT,<br>TIMER,<br>LEVEL       | Nach Ausführung des Befehls TARM SGL und einem darauffolgenden LEVEL-Ereignis <sup>[a]</sup> wird so lange jeweils eine Messung pro Abtastereignis ausgeführt, bis die spezifizierte Anzahl von Messungen erreicht ist. Das Triggerfreigabeereignis wird anschließend zu HOLD.   |
| SGL                          | LEVEL           | SYN, LINE                           | Unzulässig.  |
| SGL                          | LINE            | AUTO, EXT,<br>TIMER,<br>LINE        | Nach Ausführung des Befehls TARM SGL und darauffgendem Netzspannungs-Nulldurchgang wird so lange jeweils eine Messung pro Abtastereignis ausgeführt, bis die spezifizierte Anzahl von Messungen erreicht ist. Das Triggerfreigabeereignis wird anschließend zu HOLD.   |
| SGL                          | LINE            | SYN, LEVEL                          | Unzulässig.  |
| SGL                          | SGL             | Beliebig                            | Unzulässig.  |

**Tabelle 4-2** Ereigniskombinationen (Fortsetzung)

| Triggerfr<br>eigabe-<br>ereignis | Trigger-<br>ereignis | Abtast-<br>ereignis                 | Beschreibung  |
|----------------------------------|----------------------|-------------------------------------|---|
| SGL                              | SYN                  | SYN                                 | Nach Ausführung des Befehls TARM SGL und nachfolgender Datenanforderung durch den Steuercomputer <sup>[b]</sup> (wodurch beide SYN-Ereignisbedingungen erfüllt sind), wird die erste Messung ausgeführt. Anschließend wird so lange jeweils eine Messung pro SYN-Ereignis ausgeführt, bis die spezifizierte Anzahl von Messungen erreicht ist <sup>[c]</sup> . Danach wird das Triggerfreigabeereignis zu HOLD. |
| SGL                              | SYN                  | AUTO, EXT,<br>TIMER,<br>LINE, LEVEL | Nach Ausführung des Befehls TARM SGL und einer darauffolgenden Datenanforderung durch den Steuercomputer <sup>[b]</sup> wird so lange jeweils eine Messung pro Abtastereignis ausgeführt, bis die spezifizierte Anzahl von Messungen erreicht ist <sup>[c]</sup> . Danach wird das Triggerfreigabeereignis zu HOLD.   |
| SYN                              | AUTO                 | SYN                                 | Nach einer Datenanforderung durch den Steuercomputer <sup>[b]</sup> (wodurch beide SYN-Ereignisbedingungen erfüllt sind) erfolgt die erste Messung. Anschließend wird so lange jeweils eine Messung pro SYN-Ereignis ausgeführt, bis die spezifizierte Anzahl von Messungen erreicht ist.   |
| SYN                              | AUTO                 | AUTO, EXT,<br>TIMER,<br>LINE, LEVEL | Nach einer Datenanforderungen durch den Steuercomputer <sup>[b]</sup> wird so lange jeweils eine Messung pro Abtastereignis ausgeführt, bis die spezifizierte Anzahl von Messungen erreicht ist.  |
| SYN                              | EXT                  | AUTO, EXT,<br>TIMER,<br>LINE, LEVEL | Nach einer Datenanforderung durch den Steuercomputer <sup>[b]</sup> und einer darauffolgenden negativen Flanke am <b>Ext Trig</b> -Eingang wird so lange jeweils eine Messung pro Abtastereignis ausgeführt, bis die spezifizierte Anzahl von Messungen erreicht ist.   |
| SYN                              | EXT                  | SYN                                 | Unzulässig.   |
| SYN                              | LEVEL                | AUTO, EXT,<br>TIMER,<br>LEVEL       | Nach einer Datenanforderung durch den Steuercomputer <sup>[b]</sup> und einem darauffolgenden LEVEL-Ereignis <sup>[a]</sup> wird so lange jeweils eine Messung pro Abtastereignis ausgeführt, bis die spezifizierte Anzahl von Messungen erreicht ist.  |

**Tabelle 4-2** Ereigniskombinationen (Fortsetzung)

| <b>Triggerfrequenzeignis</b> | <b>Triggerereignis</b> | <b>Abtastereignis</b>               | <b>Beschreibung</b>   |
|------------------------------|------------------------|-------------------------------------|---|
| SYN                          | LEVEL                  | SYN, LINE                           | Unzulässig.   |
| SYN                          | LINE                   | AUTO, EXT,<br>TIMER, LINE           | Nach einer Datenanforderung durch den Steuercomputer <sup>[b]</sup> und darauffolgendem Netzspannungs-Nulldurchgang wird so lange jeweils eine Messung pro Abtastereignis ausgeführt, bis die spezifizierte Anzahl von Messungen erreicht ist.  |
| SYN                          | LINE                   | SYN, LEVEL                          | Unzulässig.   |
| SYN                          | SGL                    | Beliebig                            | Unzulässig.   |
| SYN                          | SYN                    | SYN                                 | Nach einer Datenanforderung durch den Steuercomputer <sup>[b]</sup> sind alle drei Ereignisbedingungen erfüllt, und es erfolgt die erste Messung. Anschließend wird so lange jeweils eine Messung pro SYN-Ereignis ausgeführt, bis die spezifizierte Anzahl von Messungen erreicht ist. |
| SYN                          | SYN                    | AUTO, EXT,<br>TIMER, LINE,<br>LEVEL | Nach einer Datenanforderung durch den Steuercomputer <sup>[b]</sup> sind beide SYN-Ereignisbedingungen erfüllt. Anschließend wird so lange jeweils eine Messung pro Abtastereignis ausgeführt, bis die spezifizierte Anzahl von Messungen erreicht ist.                                 |

[a] Das LEVEL-Ereignis tritt ein, wenn die spezifizierte Eingangssignalflanke den spezifizierten Spannungswert erreicht. Das Trigger- oder Abtastereignis LEVEL ist nur auf die Messfunktionen DCV und "Direct-Sampling"-Digitalisierung anwendbar.

[b] Das SYN-Ereignis kann nur eintreten, wenn der Ausgangspuffer leer und der Messwertspeicher OFF oder leer ist.

[c] Der Eingangspuffer muss aktiviert sein, oder Sie müssen beim Senden des Befehls TARM SGL den Wagenrücklauf/Zeilenvorschub-Code unterdrücken.

## Datenformate für Messwertspeicherung

In diesem Abschnitt werden die Zahlenformate beschrieben, die für die interne Speicherung oder GPIB-Übertragung von Messwerten zur Auswahl stehen: ASCII, SINT (Single Integer), DINT (Double Integer), SREAL (Single Real) und DREAL (Double Real). Das interne Abspeichern von Messwerten wird unter "**Benutzung des Messwertspeichers**" (weiter unten in diesem Kapitel) beschrieben. Die Übertragung von Messwerten über den GPIB wird unter "**Messwertübertragung über den GPIB**" (ebenfalls weiter unten in diesem Kapitel) beschrieben.

### ASCII

Ein Messwert im ASCII-Format besteht aus 15 Bytes in wissenschaftlicher Notation; als Maßeinheit wird stets die Grundeinheit (Volt, Ampere, Ohm, Hertz oder Sekunden) verwendet:

SD/DDDDDDDESDD

Wobei:

S = Vorzeichen (+ oder -)

D = Eine Ziffer zwischen 0 und 9

E = Trennzeichen zwischen Mantisse und Zehner-Exponent

### SINT und DINT

Das SINT- (Single Integer) Format verwendet zwei Byte pro Messwert und das DINT- (Double Integer) Format vier Byte pro Messwert. Beide Formate arbeiten mit Zweierkomplement-Binärdarstellung.

#### HINWEIS

Bei Verwendung des SINT- oder DINT-Formats werden die Messwerte skaliert. Der jeweilige Skalenfaktor ist von der Messfunktion, dem Bereich, der A/D-Wandler-Konfiguration und (gegebenenfalls) den angewandten mathematischen Operationen abhängig. Das SINT- oder DINT-Format sollte nicht verwendet für: Frequenz- oder Periodenmessungen; Messungen, in denen Echtzeit- oder Post-Processing-Math-Operationen (außer STAT oder PFAIL) angewandt werden; Messungen mit automatischer Bereichswahl.

### Zweierkomplement-Binärdarstellung

Die Zweierkomplement-Binärdarstellung ist ein Verfahren, das es ermöglicht, sowohl positive als auch negative Zahlen binär darzustellen. Hierzu wird dem höchstwertigen Bit (MSB, Most Significant Bit) ein negatives Dezimaläquivalent zugeordnet. Bei einer zweierkomplement-codierten

2-Byte-Binärzahl hat das MSB den dezimalen Stellenwert  $-(2^7) = -128$ . Wenn es gesetzt (1) ist, hat es demnach den Wert  $1 \times -(2^7) = -128$ . Wenn es zurückgesetzt (0) ist, hat es den Wert  $0 \times -(2^7) = 0$ . Beachten Sie, dass eine 8-Bit-Binärzahl in Zweierkomplement-Darstellung einen Wert zwischen  $-128$  und  $127$  (nicht zwischen 0 und 255) repräsentiert.

Hier ein Beispiel für die Umrechnung aus dem Zweierkomplement- in das Dezimalformat:

10110101 10010110

Der Dezimalwert dieser Zweierkomplement-Binärzahl ergibt sich zu:

$$-(2^{15}) + 2^{13} + 2^{12} + 2^{10} + 2^8 + 2^7 + 2^4 + 2^2 + 2^1$$

Das Resultat ist  $-19050$

### SREAL-Format

Das SREAL- (Single Real) Format entspricht den IEEE-754-Spezifikationen. Dieses Format stellt einen Messwert durch 32 Bit (4 Byte) dar:

|        |        |        |        |      |
|--------|--------|--------|--------|------|
| S EEEE | E MMMM | MMMM   | MMMM   | MMMM |
| Byte 0 | Byte 1 | Byte 2 | Byte 3 |      |

Wobei:

S = Vorzeichenbit (1 = negativ 0 = positiv)

E = Zweierexponent mit einem Offset von 127 (zum "Decodieren" dieser 8 Bits müssen Sie von deren Dezimaläquivalent den Wert 127 subtrahieren).

M = Mantissen-Bits (die Bits rechts vom Basispunkt). Links vom Basispunkt hat man sich ein implizites MSB-Bit zu denken, das stets den Wert "1" hat. Daraus ergibt sich eine effektive Genauigkeit von 24 Bit, wobei das LSB (niedrigstwertige Bit) den Stellenwert  $2^{-23}$  hat. Eine alternative Methode zur Auswertung der Mantisse ist, diese 24 Bit (mit einer "1" als implizitem MSB) in eine Integer-Zahl umzuwandeln und diese mit  $2^{-23}$  zu multiplizieren.

Der Dezimalwert einer Zahl im SREAL-Format berechnet sich zu:

$$(-1)^s \times (\text{Mantisse}) \times 2^{(\text{Exponent})}$$

### Beispiel für das SREAL-Format

Hier ein Beispiel für die Umrechnung einer SREAL-Zahl in die entsprechende Dezimalzahl:

SEEEEEEE EMMMMMM MBBBBBBB MMMMMMM

10111011 11001000 01001000 10010000

Das Vorzeichenbit "S" hat den Wert "1"; demnach handelt es sich um eine negative Zahl.

Der Zweierexponent (0111011) hat den Dezimalwert:

$$2^6 + 2^5 + 2^4 + 2^2 + 2^1 + 2^0 = 119$$

Wegen des Exponenten-Offsets von 127 errechnet sich der tatsächliche Wert zu:

$$\text{Exponent} - 127 = 119 - 127 = -8$$

Der Dezimalwert der Mantisse [1.100100010010010010000 (implizites MSB = "1")] beträgt:

$$1 + 2^{-1} + 2^{-4} + 2^{-9} + 2^{-12} + 2^{-16} + 2^{-19} = 1.56471443177$$

Die Auswertung der Mantisse auf der Byte-Ebene statt auf der Bit-Ebene ergibt:

Byte 1    Byte 2    Byte 3 = Byte 1    Byte 2    Byte 3

11001000 01001000 10010000    200      72        144

$$\text{Mantisse} = 200 \times 2^{-7} + 72 \times 2^{-15} + 144 \times 2^{-23} = 1.56471443177$$

oder

$$\text{Mantisse} = (200 \times 2^{16} + 72 \times 2^8 + 144) \times 2^{-23} = 1.56471443177$$

Der Dezimalwert der SREAL-Zahl beträgt demnach:

$$-1 \times 2^{-8} \times 1.56471443177 = -6.1121657491E-3$$

## DREAL-Format

Das DREAL- (Double Real) Format entspricht den IEEE-754-Spezifikationen; es stellt einen Messwert durch 64 Bit (8 Byte) dar:

| Byte 0     | Byte 1    | Byte 2    | Byte 3    |
|------------|-----------|-----------|-----------|
| S EEE EEEE | EEEE MMMM | MMMM MMMM | MMMM MMMM |
| Byte 4     | Byte 5    | Byte 6    | Byte 7    |
| MMMM MMMM  | MMMM MMMM | MMMM MMMM | MMMM MMMM |

Wobei:

S = Vorzeichenbit (1 = negativ 0 = positiv)

E = Zweierexponent mit einem Offset von 1023 (zum "Decodieren" dieser 11 Bits müssen Sie von deren Dezimaläquivalent den Wert 1023 subtrahieren).

M = Mantissen-Bits (die Bits rechts vom Basispunkt). Links vom Basispunkt hat man sich ein implizites MSB-Bit zu denken, das stets den Wert "1" hat. Daraus ergibt sich eine effektive Genauigkeit von 53 Bit, wobei das LSB (niedrigstwertige Bit) den Stellenwert  $2^{-52}$  hat. Eine alternative Methode zur Auswertung der Mantisse ist, diese 53 Bit (mit einer "1" als implizitem MSB) in eine Integer-Zahl umzuwandeln und diese mit  $2^{-52}$  zu multiplizieren.

Der Dezimalwert einer Zahl im DREAL-Format berechnet sich zu:

$$(-1)^S \times (\text{Mantisse}) \times 2^{(\text{Exponent})}$$

## Benutzung des Messwertspeichers

Wenn der Messwertspeicher aktiviert ist, legt das Multimeter die erfassten Messwerte in diesem Speicher ab. Der Messwertspeicher kann wahlweise als FIFO- (First-in-first-out) oder LIFO- (Last-in-first-out) Speicher konfiguriert werden. Im FIFO-Modus wird der als erster abgespeicherte Messwert auch als erster ausgegeben, wenn Sie Messwerte abrufen, ohne die Anzahl der Messwerte zu spezifizieren (dieses "implizierte Leseverfahren" wird weiter unten ausführlich beschrieben). Wenn der im FIFO-Modus betriebene Messwertspeicher voll ist, bleiben die gespeicherten Messwerte erhalten, und es werden keine weiteren Messwerte mehr abgespeichert.

Im LIFO-Modus wird der zuletzt abgespeicherte Messwert zuerst ausgegeben, wenn Sie Messwerte abrufen, ohne die Anzahl der Messwerte zu spezifizieren. Wenn der im LIFO-Modus betriebene Messwertspeicher voll ist, werden die jeweils ältesten gespeicherten Messwerte durch die jeweils neuesten ersetzt. Mit dem Befehl MEM können Sie den Messwertspeicher aktivieren oder deaktivieren und den gewünschten Modus (FIFO oder LIFO) wählen. (Durch das Spezifizieren eines Messwertspeicher-Modus wird der Inhalt des Messwertspeichers gelöscht.) Der folgende Befehl, beispielsweise, spezifiziert den LIFO-Modus:

**OUTPUT 722; "MEM LIFO"**

Auf diesen Befehl hin werden die erfassten Messwerte intern abgespeichert. Nach dem Abspeichern der gewünschten Messwerte können Sie den Messwertspeicher mit dem folgenden Befehl deaktivieren, wobei die gespeicherten Messwerte erhalten bleiben:

**OUTPUT 722; "MEM OFF"**

Mit dem folgenden Befehl können Sie später die Messwertspeicherung im aktuellen Modus fortsetzen, wobei die bereits gespeicherten Messwerte erhalten bleiben:

**OUTPUT 722; "MEM CONT"**

## Datenformate für Messwertspeicherung

Messwerte können in einem der folgenden Formate gespeichert werden: ASCII, SINT (Single Integer), DINT (Double Integer), SREAL (Single Real) oder DREAL (Double Real). Die verschiedenen Formate haben unterschiedlichen Speicherplatzbedarf:

|         |                                      |
|---------|--------------------------------------|
| ASCII - | 16 Bytes pro Messwert <sup>[1]</sup> |
| SINT -  | 2 Bytes pro Messwert                 |
| DINT -  | 4 Bytes pro Messwert                 |
| SREAL - | 4 Bytes pro Messwert                 |
| DREAL - | 8 Bytes pro Messwert                 |

Wenn Sie ausrechnen möchten, wieviele Messwerte in einem bestimmten Format gespeichert werden können, müssen Sie die Größe des Messwertspeichers (die mit dem Befehl MSIZE? abgefragt werden kann) durch die oben angegebene Anzahl der Bytes pro Messwert dividieren.

- **SINT (Single Integer) oder DINT (Double Integer)** SINT ist das adäquate Format für Messungen mit geringer Auflösung (3,5 oder 4,5 Stellen) mit größtmöglicher Messgeschwindigkeit in einem festen Bereich ("Autorange"-Funktion inaktiv). (Da das SINT-Format nur zwei Bytes pro Messwert benötigt, kann das Multimeter in diesem Format mehr Messwerte speichern als in irgend einem anderen Format). DINT ist das adäquate Format für hochauflösende Messungen (5,5 oder mehr Stellen) mit größtmöglicher Messgeschwindigkeit in einem festen Bereich.

[1] Genau genommen, verwendet das ASCII-Format 15 Bytes zur Messwertdarstellung und ein weiteres Byte, das stets das Null-Zeichen enthält und als Trennzeichen dient.

**HINWEIS**

Bei Verwendung des SINT- oder DINT-Formats werden die Messwerte skaliert. Der jeweilige Skalenfaktor ist von der aktuellen Multimeterkonfiguration (Messfunktion, Bereich, A/D-Wandler-Konfiguration, mathematische Operationen) abhängig. Beim Abrufen von Messwerten berechnet das Multimeter den Skalenfaktor anhand seiner aktuellen Konfiguration. Falls die Konfiguration gegenüber derjenigen zum Zeitpunkt der Messwertspeicherung verändert wurde, wird eventuell ein falscher Skalenfaktor angewandt; in diesem Fall werden falsche Messwerte ausgegeben. Daher ist es beim Abrufen gespeicherter Messwerte äußerst wichtig, dass das Multimeter genauso konfiguriert ist wie zum Zeitpunkt der Messwertspeicherung. Das SINT- oder DINT-Format sollte nicht verwendet für: Frequenz- oder Periodenmessungen; Messungen, in denen Echtzeit- oder Post-Processing-Math-Operationen (außer STAT oder PFAIL) angewandt werden; Messungen mit automatischer Bereichswahl.

- **Single Real (SREAL) oder Double Real (DREAL)** Messwerte im SREAL- oder DREAL-Format sind (anders als solche im SINT- oder DINT-Format) nicht skaliert und können daher bei beliebiger Multimeterkonfiguration abgerufen werden. (Aus diesem Grund eignen sich die SREAL- und DREAL-Formate ideal für Messungen mit automatischer Bereichswahl oder Messungen, bei denen mathematische Operationen angewandt werden). Verwenden Sie für Messungen mit einer Auflösung  $\leq 6,5$  Stellen das SREAL-Format. Verwenden Sie für Messungen mit einer Auflösung  $> 6,5$  Stellen das DREAL-Format.
- **ASCII** Dieses Speicherformat kann für beliebige Messfunktionen/ Multimeterkonfigurationen verwendet werden. Von allen verfügbaren Formaten benötigt das ASCII-Format die meisten Bytes pro Messwert. Deshalb sollten Sie das ASCII-Format nur dann als Speicherformat verwenden, wenn es auch als Ausgabeformat verwendet wird, und wenn außerdem die Messgeschwindigkeit unkritisch ist und nur eine geringe Anzahl von Messwerten gespeichert werden soll.

Das Messwertspeicherformat wird mit dem Befehl MFORMAT spezifiziert (Einschalt-Zustand- und Standardformat ist SREAL). Der folgende Befehl, beispielsweise, spezifiziert das "Single Integer"-Format:

`OUTPUT 722; "MFORMAT SINT"`

## Messbereichsüberschreitung

Bei einer Messbereichsüberschreitung wird statt eines Messwertes der Wert  $\pm 1E+38$  in den Messwertspeicher geschrieben. Wird ein solcher Bereichsüberschreitungswert in das Display zurückgerufen, so wird " $\pm 1E+38$ " angezeigt. Bei der Übertragung eines Bereichsüberschreitungswertes vom Messwertspeicher in den GPIB-Ausgangspuffer übertragen wird dieser automatisch in den Bereichsüberschreitungswert für das spezifizierte Ausgabeformat konvertiert. Weitere Informationen siehe unter "[Messwertübertragung über den GPIB](#)" weiter unten in diesem Kapitel.

## Abrufen von Messwerten

Sie können Messwerte aus dem Messwertspeicher abrufen, indem Sie die jeweilige Messwertnummer spezifizieren oder ein als "impliziertes Lesen" bezeichnetes Verfahren anwenden. Ungeachtet des spezifizierten Speicherformats werden Messwerte beim Abrufen im dem Format ausgegeben, das Sie mit dem Befehl OFORMAT spezifiziert haben (weitere Informationen hierzu siehe unter "[Messwertübertragung über den GPIB](#)" weiter unten in diesem Kapitel). Vor dem Abrufen von Messwerten können Sie mit dem Befehl MCOUNT? die Anzahl der gespeicherten Messwerte abfragen. Das folgende Programm liefert die Gesamtzahl der gespeicherten Messwerte.

```
10 OUTPUT 722;"MCOUNT?"  
20 ENTER 722;A  
30 PRINT A  
40 END
```

## Benutzung von Messwertnummern

Das Multimeter ordnet jedem gespeicherten Messwert eine eindeutige Nummer zu. Der "jüngste" Messwert hat die niedrigste Nummer (1) und der "älteste" die höchste Nummer. Die Messwertnummern werden stets nach dieser Regel vergeben, ganz gleich, ob der Messwertspeicher als LIFO- oder FIFO-Speicher konfiguriert ist. Mit dem Befehl RMEM können Sie einen Messwert mit einer bestimmten Nummer oder eine Gruppe von Messwerten mit bestimmten Nummern in den Ausgangspuffer kopieren. Nach Ausführung des Befehls RMEM befinden sich die in den Ausgangspuffer kopierten Messwerte weiterhin im Messwertspeicher.

Der Befehl RMEM deaktiviert (OFF) den Messwertspeicher. Das bedeutet, dass die gespeicherten Messwerte erhalten bleiben, aber keine neuen Messwerte mehr abgespeichert werden. Der erste Parameter des Befehls RMEM spezifiziert die Nummer des ersten abzurufenden Messwerts. Der zweite Parameter (Anzahl) spezifiziert die Anzahl der abzurufenden Messwerte, beginnend mit dem ersten. Der dritte Parameter (Datensatz) spezifiziert den Datensatz, aus dem die Messwerte abgerufen werden sollen. Dieser Wert entspricht der mit dem Befehl NRDGS oder SWEEP spezifizierten Anzahl der Messwerte. Wenn Sie beispielsweise in dem Befehl NRDGS vier Messwerte spezifiziert haben, enthält jeder Datensatz im Messwertspeicher vier Messwerte. Das folgende Programm spezifiziert zehn Messung pro Triggerereignis (NRDGS 10) und initiiert mit dem Befehl TARM SGL acht Gruppen mit je zehn Messwerten (Mehrfach-Triggerfreigabe). Nach Ausführung des Programms enthält der Messwertspeicher 80 Messwerte.

```

10 OUTPUT 722;"TARM HOLD"      !Kontinuierliche Messfolge unterbrechen
20 OUTPUT 722."DCV 1"          !Messfunktion DCV, Bereich 1 V
30 OUTPUT 722;"MEM FIFO"       !Messwertspeicher aktivieren, FIFO-Modus
40 OUTPUT 722;"TRIG AUTO"      !Triggerereignis AUTO
50 OUTPUT 722;"NRDGS 10,AUTO"   !10 Messwerte pro Trigger, Abtastereignis AUTO
60 OUTPUT 722;"TARM SGL,8"      !Achtfache Triggerfreigabe
70 END

```

Auf die gespeicherten Messwerte kann jetzt über die individuelle Messwertnummer (1 "bis 80) oder über Datensatz/Messwertnummer zugegriffen werden. (Der Messwert Nr. 3 im Datensatz Nr. 2, beispielsweise, ist mit dem Messwert Nr. 13 identisch). Das folgende Programmbeispiel fragt den Messwert Nr. 50 ab und zeigt ihn an (dies ist der 31. Messwert, der mit dem obigen Programm erfasst wurde).

```

10 OUTPUT 722;"RMEM 50"           !Messwert Nr. 50 abfragen
20 ENTER 722;A                   !Messwert einlesen
30 PRINT A                       !Messwert ausdrucken
40 END

```

Das folgende Programm verwendet den ersten Parameter und den Anzahl-Parameter, um die Messwerte Nr. 12 bis 17 abzufragen und anzuzeigen.

```

10 OPTION BASE 1                 !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 DIM Rdgs(6)                  !Dimensionierung eines Arrays für 6 Messwerte
30 OUTPUT 722;"RMEM 12,6"       !6 Messwerte abrufen, beginnend mit Nr. 12
40 ENTER 722;Rdgs(*)           !Messwerte einlesen
50 PRINT Rdgs(*)                !Messwerte ausdrucken
60 END

```

Sie können beim Abrufen von Messwerten auch die Messwertnummer spezifizieren. Das Multimeter ordnet dem "jüngsten" Messwert die niedrigste Nummer (1) zu und dem "ältesten" die höchste Nummer. Das folgende Programm liefert den dritten und vierten Messwert des Datensatzes Nr. 6 (in diesem Fall sind dies die Messwerte Nr. 53 und 54).

```

10 OPTION BASE 1                 !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 DIM Rdgs(2)                  !Dimensionierung eines Messwert-Arrays
30 OUTPUT 722;"RMEM 3,2,6"      !Abruf des dritten und vierten Messwerts des
35                               !Datensatzes Nr. 6
40 ENTER 722;Rdgs(*)           !Messwerte einlesen
50 PRINT Rdgs(*)                !Messwerte ausdrucken
60 END

```

Wenn der Befehl RMEM über die Frontplatte eingegeben wird, können Sie nach dem Abrufen eines durch seine Nummer spezifizierten Messwerts mit der Pfeil-oben- oder Pfeil-unten-Taste die übrigen gespeicherten Messwerte nacheinander ins Display rufen. (Der Befehl RMEM ist die einzige Möglichkeit, gespeicherte Messwerte über die Frontplatte abzurufen.)

## Impliziertes Lesen

Wenn der Steuercomputer bei aktiviertem Multimeter-Messwertspeicher Daten vom Multimeter anfordert, wird jeweils ein Messwert aus dem Messwertspeicher in den Ausgangspuffer und von dort zum Steuercomputer übertragen. Dieses Verfahren des Messwertabrufs wird als "impliziertes Lesen" bezeichnet. Im Gegensatz zum Befehl RMEM löscht das implizierte Lesen den abgerufenen Messwert aus dem Messwertspeicher. Im LIFO-Modus wird der jeweils jüngste Messwert ausgegeben. Im FIFO-Modus wird der jeweils älteste Messwert ausgegeben. Das folgende Programm veranlasst das Multimeter dazu, 200 Messungen durchzuführen und deren Ergebnisse intern abzuspeichern; danach werden die Messwerte per impliziertem Lesen zum Steuercomputer übertragen.

```

10 OPTION BASE 1           !COMPUTER ARRAY NUMBERING STARTS AT 1
20 DIM Rdgs (200)         !Dimensionierung eines Arrays für 200
25                         !Messwerte
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM" !Triggerfreigabe AUTO, Triggerung SYN,
35                         !Messfunktion DCV, automatische Bereichswahl
40 OUTPUT 722;"NRDGS 200,AUTO" !200 Messwerte pro Trigger, Abtastereignis
45                         !AUTO
50 OUTPUT 722;"MEM FIFO"   !Messwertspeicher aktivieren, FIFO-Modus
60 OUTPUT 722;"TRIG SGL"   !TRIGGER READINGS
70 PAUSE                     !Programm wird unterbrochen und kann durch
75                         !Drücken von CONTINUE fortgesetzt werden
80 ENTER 722;Rdgs(*)       !Messwerte einlesen
90 PRINT Rdgs(*)           !Messwerte ausdrucken
100 END

```

## Messwertübertragung über den GPIB

Nachfolgend werden die zur Auswahl von Messwerten stehenden Ausgabeformate beschrieben; außerdem wird gezeigt, wie Messwerte vom Multimeter zum Steuercomputer übertragen werden.

### Ausgabeformate

Bei deaktiviertem Messwertspeicher (Befehl MEM OFF) sendet das Multimeter jedesmal, wenn es einen Messwert erfasst, diesen zum GPIB-Ausgangspuffer. (Im Einschalt-Zustand, im RESET-Zustand und in den PRESET-Zuständen ist der Messwertspeicher deaktiviert.) Nachfolgend sind die fünf zur Auswahl stehenden Ausgabeformate und die benötigte Anzahl von Bytes pro Messwert aufgelistet:

|       |    |                       |
|-------|----|-----------------------|
| ASCII | -- | 15 Bytes pro Messwert |
| SINT  | -- | 2 Bytes pro Messwert  |
| DINT  | -- | 4 Bytes pro Messwert  |
| SREAL | -- | 4 Bytes pro Messwert  |
| DREAL | -- | 8 Bytes pro Messwert  |

- ASCII ist das am häufigsten verwendete Ausgabeformat, weil es keinen Skalierungsfaktor beinhaltet und der Steuercomputer die Daten direkt (ohne aufwendige Konvertierung) weiterverarbeiten kann. Da das ASCII-Format die meisten Bytes pro Messwert erfordert, sollte dieses Format nur für solche Messungen verwendet werden, bei denen die Messgeschwindigkeit keine große Rolle spielt.

### HINWEIS

Beim ASCII-Format wird jede Zeile durch Wagenrücklauf/Zeilenvorschub-Codes (**cr**, **lf**) abgeschlossen; hierfür sind zwei zusätzliche Bytes erforderlich. Die **cr**, **lf**-Codes werden nur beim ASCII-Format benötigt und werden normalerweise vom Multimeter automatisch an jeden Messwert angefügt, der im **ASCII**-Format ausgegeben wird. Wenn jedoch mit dem Befehl RMEM mehrere Messwerte im ASCII-Format aus dem Messwertspeicher abgefragt werden, werden diese jeweils durch ein Komma (das 1 Byte in Anspruch nimmt) voneinander getrennt. In diesem Fall wird nur der letzte Messwert der abgerufenen Gruppe durch **cr**, **lf** abgeschlossen. Die Trennung durch Kommas entfällt, wenn Messwerte direkt auf den GPIB ausgegeben werden (wie es bei deaktiviertem Messwertspeicher der Fall ist), wenn Messwerte per "impliziertem Lesen" abgefragt werden oder wenn ein Nicht-ASCII-Format verwendet wird.

- **SINT (Single Integer) oder DINT (Double Integer)** SINT ist das adäquate Format für Messungen mit geringer Auflösung (3,5 oder 4,5 Stellen) mit größtmöglicher Messgeschwindigkeit in einem festen Bereich ("Autorange"-Funktion inaktiv). (Da das SINT-Format nur zwei Bytes pro Messwert benötigt, erlaubt es eine schnellere Messwertübertragung über den GPIB als alle übrigen Formate). DINT ist das adäquate Format für hochauflösende Messungen (5,5 oder mehr Stellen) mit größtmöglicher Messgeschwindigkeit in einem festen Bereich.

## HINWEIS

Bei Verwendung des SINT- oder DINT-Formats werden die Messwerte skaliert. Der jeweilige Skalenfaktor ist von der Messfunktion, dem Bereich, der A/D-Wandler-Konfiguration und (gegebenenfalls) den angewandten mathematischen Operationen abhängig. Das SINT- oder DINT-Format sollte nicht verwendet für: Frequenz- oder Periodenmessungen; Messungen, in denen Echtzeit- oder Post-Processing-Math-Operationen (außer STAT oder PFAIL) angewandt werden; Messungen mit automatischer Bereichswahl.

- **Single Real (SREAL) oder Double Real (DREAL)** Messwerte im SREAL- oder DREAL-Format sind (anders als solche im SINT- oder DINT-Format) nicht skaliert und können daher bei beliebiger Multimeterkonfiguration abgerufen werden. (Aus diesem Grund eignen sich die SREAL- und DREAL-Formate ideal für Messungen mit automatischer Bereichswahl oder Messungen, bei denen mathematische Operationen angewandt werden). Das DREAL-Format hat außerdem den Vorteil, dass der Steuercomputer keine Datenkonvertierung vorzunehmen braucht. Verwenden Sie für Messungen mit einer Auflösung  $\leq 6,5$  Stellen das SREAL-Format. Verwenden Sie für Messungen mit einer Auflösung  $> 6,5$  Stellen das DREAL-Format.

Das Messwertausgabeformat wird mit dem Befehl OFORMAT spezifiziert (Einschalt-Zustand- und Standardformat ist ASCII). Der folgende Befehl, beispielsweise, spezifiziert das "Double Integer"-Format:

`OUTPUT 722; "OFORMAT DINT"`

## Messbereichsüberschreitung

Bei einer Messbereichsüberschreitung wird statt des tatsächlichen Messwertes die größte Zahl ausgegeben, die das spezifizierte Ausgabeformat unterstützt:

SINT-Format: +32767 oder -32768 (nicht-skaliert)

DINT-Format: +2.147483647E+9 oder -2.147483648E+9 (nicht-skaliert)

ASCII, SREAL, DREAL: +/-1.0E+38

## Abschlusszeichen

Jeder im ASCII-Format über den GPIB ausgegebene Messwert wird normalerweise durch Wagenrücklauf/Zeilenvorschub-Codes *cr lf* abgeschlossen. Die *cr lf*-Codes werden von den meisten Steuercomputern als "Ende der Übertragung" interpretiert. Bei den anderen Ausgabeformaten werden Messwerte nicht durch *cr lf* abgeschlossen. Für sämtliche Ausgabeformate können Sie das GPIB-Signal EOI (End Or Identify), welches das Ende der Übertragung signalisiert, aktivieren. Weitere Informationen hierzu siehe unter END in [Kapitel 6](#).

## Benutzung des SINT- oder DINT-Ausgabeformats

Mit dem Befehl ISCALE? Können Sie den Skalierungsfaktor (im ASCII-Format) für Messwerte abfragen, die im SINT- oder DINT-Format ausgegeben werden.

(Nachdem der Steuercomputer den Skalierungsfaktor eingelesen hat, wird wieder automatisch das spezifizierte Ausgabeformat, SINT oder DINT, verwendet.) Sie können den Skalierungsfaktor abfragen, nachdem das Multimeter konfiguriert wurde und bevor Messungen getriggert wurden, oder nachdem alle Messungen abgeschlossen sind und die Messwerte zum Steuercomputer übertragen wurden. (Falls sich bei Ausführung des Befehls ISCALE? ein Messwert im Ausgangspuffer befindet, wird dieser durch den Skalierungsfaktor überschrieben.)

## Beispiel für das SINT-Format

Das folgende Programm bewirkt die Ausgabe von zehn Messwerten im SINT-Format, fragt den Skalierungsfaktor ab und multipliziert diesen jeweils mit dem Messwert. Für die Übertragung der Messwerte zum Steuercomputer wird der Befehl TRANSFER verwendet; dieser ist spezifisch für BASIC-Computer Hewlett-Packard 200/300). Der Befehl TRANSFER ist die schnellste Methode für die GPIB-Übertragung von Messwerten, insbesondere in Verbindung mit der DMA- (Direct Memory Access) basierten GPIB-Schnittstelle. In Anwendungen, in denen es auf möglichst hohe Mess- und/oder Übertragungsgeschwindigkeit ankommt, sollten Sie den Befehl TRANSFER verwenden.

```

10 OPTION BASE 1           !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 INTEGER Num_readings   !Variable deklarieren
30 INTEGER Int_rdgs (1: 10) BUFFER!Integer-Array für Puffer deklarieren
40 REAL Rdgs(1:10)         !Real-Array deklarieren
50 Num_readings=10          !Anzahl der Messwerte = 10
60 ASSIGN @Dvm TO 722       !Multimeteradresse zuweisen
70 ASSIGN Int_rdgs TO BUFFER Int_rdgs(*)!Puffer-I/O-Pfad-name zuweisen
80 OUTPUT @Dvm;"PRESET NORM;OFORMAT SINT;NPLC 0;NRDGS ";Num_readings
81 !Triggerfreigabe AUTO, Triggerereignis SYN, Ausgabeformat SINT, minimale
82 !Integrationszeit
90 TRANSFER @Dvm TO @Int_rdgs;WAIT      !Ereignis SYN, Messwerte einlesen in
91 !IntegerArray; da das Integer-Format des Computers exakt dem SINT-Format
92 entspricht, ist keine Datenkonvertierung notwendig (es ist ein Integer-Array
93 erforderlich)
100 OUTPUT @Dvm;"I SCALE?"    !Skalierungsfaktor für SINT-Format abfragen
110 ENTER @Dvm;S              !Skalierungsfaktor einlesen
120 FOR I=1 TO Num_readings
130 Rdgs(I)=Int_rdgs(I)      !Jeweils einen Integer-Messwert in das Real-
135 !Format umwandeln (ist zur Verhinderung eines etwaigen Integer-Überlaufs
136 !in der nächsten Zeile erforderlich)
140 R=ABS(Rdgs(I))          !Anhand des absoluten Wertes auf Bereichsüber-
141 !schreitung überprüfen
150 IF R>=32767 THEN PRINT "OVLD"!IF OVLD,PRINT OVERLOAD MESSAGE
160 Rdgs(I)=Rdgs(I)*S        !Messwert mit Skalierungsfaktor multiplizieren
170 Rdgs(I)=DROUND(Rdgs(I),4) !Auf vier Stellen runden
180 NEXT I
190 END

```

### Beispiel für das DINT-Format

Das folgende Programm ähnelt dem vorangegangenen, abgesehen davon, dass es 50 Messungen initiiert und die Messwerte im DINT-Format zum Steuercomputer überträgt.

```

10 OPTION BASE 1                      !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 INTEGER Num_readings,l,J,K        !Variablen deklarieren
30 Num_readings= 50                  !Anzahl der Messwerte = 50
40 ALLOCATE REAL Rdgs(1:Num_readings) !Array für Messwerte deklarieren
50 ASSIGN @Dvm TO 722                !Multimeteradresse zuweisen
60 ASSIGN @Buffer TO BUFFER[4*Num_readings] !Puffer-I/O-Pfadname zuweisen
70 OUTPUT @Dvm;"PRESET NORM;RANGE 10;FORMAT DINT;NRDGS";Num_readings
71 Triggerfreigabeereignis AUTO, Triggerereignis SYN, Messfunktion DCV,
72 Bereich 10 V, Ausgabeformat DINT, 50 Messungen, AUTO
80 TRANSFER @Dvm TO @Buffer;WAIT    !SYN-Ereignis, Messwerte übertragen
90 OUTPUT @Dvm;"1 SCALE?"          !Skalierungsfaktor für DINT-Format abfragen
100 ENTER @Dvm;S                   !Skalierungsfaktor einlesen
110 FOR I=1 TO Num_readings
120 ENTER @Buffer USING "#,W,W";J,K !Je ein 16-Bit-Zweierkomplement-Wort in die
121 Variablen
122 !J und K einlesen (# = Befehlsabschluss ist nicht erforderlich
123 !W = Daten als 16-Bit-Zweierkomplement-Integer einlesen)
130 Rdgs(I)=(J*65536.+K+65536.*(K<0))      !In Real-Zahl konvertieren
140 R=ABS(Rdgs(I))                     !Anhand des absoluten Wertes auf
145                                         !Bereichsüberschreitung überprüfen
150 IF R>2147483647 THEN PRINT "OVLD"!Falls Bereichsüberschreitung, Meldung
155 anzeigen
160 Rdgs(I)=Rdgs(I)*S                !Skalierungsfaktor anwenden
170 Rdgs(I)=DROUND(Rdgs(I),8)        !Konvertierten Messwert runden
180 PRINT Rdgs(I)                   !Messwerte ausdrucken
190 NEXT I
200 END

```

## Benutzung des SREAL-Ausgabeformat

Das folgende Programmbeispiel zeigt, wie zehn Messwerte in das SREAL-Format konvertiert werden.

```

10  OPTION BASE 1                      !Array-Indizierung beginnt mit 1
20  INTEGER Num_readings               !Variable deklarieren
30  Num_readings=10                   !Anzahl der Messwerte = 10
40  ALLOCATE REAL Rdgs(1:Num_readings) !Array für Messwerte deklarieren
50  ASSIGN @Dvm TO 722                 !Multimeteradresse zuweisen
60  ASSIGN @Buffer TO BUFFER [4*Num_readings] !Puffer-I/O-Pfadname zuweisen
70  OUTPUT @Dvm;"PRESET NORM;OFORMAT SREAL;NRDGS";Num_readings
71  !Triggerereignis SYN, Ausgabeformat SREAL, 1 PLC, Messfunktion DCV,
72  !automatische Bereichswahl, 10 Messungen
80  TRANSFER @Dvm TO @Buffer;WAIT!SYN-Ereignis, Messwerte übertragen
90  FOR I=1 TO Num_readings
100 ENTER @Buffer USING "#,B";A,B,C,D !Je ein Byte (8 Bit) in jede Variable
101 !einlesen (# = Befehlsabschluss nicht erforderlich, B = ein Byte (8 Bit)
102 !einlesen und als Integer-Wert im Bereich von 0 bis 255 interpretieren)
110 S=1                                !Messwert aus SREAL-Format konvertieren
120 IF A>127 THEN S=-1                  !Messwert aus SREAL-Format konvertieren
130 IF A>127 THEN A=A-128                !Messwert aus SREAL-Format konvertieren
140 A=A*2- 127                          !Messwert aus SREAL-Format konvertieren
150 IF B>127 THEN A=A+1                  !Messwert aus SREAL-Format konvertieren
160 IF B<=127 THEN B=B+128                !Messwert aus SREAL-Format konvertieren
170 Rdgs(I)=S*(B*65536.+C*256.+D)*2^(A-23)!Messwert aus SREAL-Format konvertie-
175 ren
180 Rdgs(I)=DROUND(Rdgs(I),7)          !Auf sieben Stellen runden; dies ist bei
181 !SREAL erforderlich, damit alle 'Übersteuerungswerte' auf 1.E+38 gerundet
182 !werden (ohne Runden könnte der Wert geringfügig kleiner sein)
190 IF ABS(Rdgs(I))=1.E+38 THEN      !Im Falle einer Übersteuerung:
200 PRINT "Overload Occurred"        !Übersteuerungsmeldung ausgeben
210 ELSE                             !Falls keine Übersteuerung vorliegt:
220 PRINT Rdgs(I)                  !Messwert ausdrucken
230 END IF
240 NEXT I
250 END

```

## Benutzung des DREAL-Ausgabeformats

Das folgende Programm verwendet das DREAL-Ausgabeformat. Beachten Sie, dass das DREAL-Format keine Konvertierung erfordert, weil es mit dem internen Datenformat (8 Byte/Wort) des Steuercomputers identisch ist.

```
10 OPTION BASE 1          !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 REAL Rdgs(1:10) BUFFER !Puffer-Array deklarieren
30 ASSIGN @Dvm TO 722      !Multimeteradresse zuweisen
40 ASSIGN @Rdgs TO BUFFER Rdgs(*)!Puffer-I/O-Pfadname zuweisen
50 OUTPUT @Dvm;1'PRESET NORM;NPLC 10;OFORMAT DREAL;NRDGS 10"
51 !Triggerereignis SYN, 10 PLC, Messfunktion DCV, automatische Bereichswahl,
52 !Ausgabe-format DREAL, 10 Messungen pro Triggerereignis
60 TRANSFER @Dvm TO @Rdgs;WAIT  !SYN-Ereignis, Messwerte übertragen
70 FOR I=1 TO 10
80 IF ABS(Rdgs(I))=1.E+38 THEN !Im Falle einer Übersteuerung:
90 PRINT "OVERLOAD OCCURRED"   !Übersteuerungsmeldung ausgeben
100 ELSE                      !Falls keine Übersteuerung vorliegt:
110 Rdgs(I)=DROUND(Rdgs(I),8)  !Messwerte runden
120 PRINT Rdgs(I)             !Messwerte ausdrucken
130 END IF
140 NEXT I
150 END
```

Das vorige Programm verwendete zum Einlesen der Multimeter-Messwerte den Befehl TRANSFER. Das folgende Programm verwendet zum Einlesen der Messwerte im DREAL-Format den Befehl ENTER. Der Befehl ENTER ist einfacher anzuwenden, weil kein I/O-Pfad erforderlich ist; dafür ist er jedoch wesentlich langsamer als der Befehl TRANSFER. Wenn Sie den Befehl ENTER verwenden, müssen Sie außerdem den Steuercomputer mit dem Befehl FORMAT OFF anweisen, sein internes Datenformat (statt ASCII) zu verwenden.

```
10 OPTION BASE 1           !Array-Indizierung beginnt mit
20 Num_readings=20          !Anzahl der Messwerte = 20
30 ALLOCATE REAL Rdgs(1:Num_readings)!Array für Messwerte deklarieren
40 ASSIGN @Dvm TO 722        !Multimeteradresse zuweisen
50 OUTPUT @Dvm;"PRESET NORM;OFORMAT DREAL;NPLC 10;NRDGS";Num_readings
51 !Triggerereignis SYN, Messfunktion DCV, automatische Bereichswahl,
52 !Ausgabeformat DREAL, 10 PLC, 20 Messungen pro Triggerereignis
60 ASSIGN @Dvm;FORMAT OFF    !Datenformat '8 Byte/Wort' verwenden
70 FOR I=1 TO Num_readings
80 ENTER @Dvm;Rdgs(I)        !Nacheinander die Messwerte einlesen
90 IF ABS(Rdgs(I))=1.E+38 THEN !Im Falle einer Übersteuerung:
100 PRINT "OVERLOAD OCCURRED" !Übersteuerungsmeldung ausgeben
110 ELSE                      !Falls keine Übersteuerung vorliegt
120 Rdgs(I)=DROUND(Rdgs(1),8) !Messwerte auf acht Stellen runden
130 PRINT Rdgs(I)            !Messwerte ausdrucken
140 END IF
150 NEXT I
160 END
```

## Erhöhen der Messrate

Nachfolgend werden der "High-Speed"-Modus des Multimeters und die für die Messrate ausschlaggebenden Faktoren beschrieben. An Programmbeispielen wird gezeigt, wie Sie die Messrate erhöhen können, wie Messwerte mit hoher Geschwindigkeit direkt zum Steuercomputer übertragen werden können, wie Messwerte mit hoher Geschwindigkeit aus dem Messwertspeicher zum Steuercomputer übertragen werden können, und wie Sie die Messrate bestimmen können.

### "High-Speed"-Modus

Wenn eine Gleichspannungs-, Gleichstrom-, 2- oder 4-Draht-Widerstandsmessung oder eine "Direct-Sampling"- oder "Sub-Sampling"-Messung gestartet wird, schaltet das Multimeter automatisch in den "High-Speed"-Modus, <sup>[1]</sup> sofern die Integrationszeit weniger als 10 PLC beträgt und einer der folgenden Befehle ausgeführt wurde:

```
ARANGE OFF  
DISP OFF  
MATH OFF  
MFORMAT SINT oder DINT (nur erforderlich, falls Messwertspeicher aktiv ist)  
OFORMAT SINT oder DINT (nur erforderlich, falls Messwertspeicher inaktiv ist)
```

Bei Messungen im "High-Speed"-Modus sind sämtliche Multimeter-Ressourcen für den Messprozess reserviert. Das bedeutet, dass das Multimeter keine weiteren Befehle ausführt, solange nicht die spezifizierte Anzahl von Messwerten erfasst wurde. Wenn im "High-Speed"-Modus die Messwerte direkt zum Ausgangspuffer gesendet werden, wird der aktuelle Messwert erst dann in den Ausgangspuffer geschrieben, wenn der vorige Messwert vom Steuercomputer aus dem Puffer ausgelesen wurde. Dies gewährleistet, dass keine Messwerte verloren gehen, weil der Bus oder der Steuercomputer eventuell zu langsam ist. (Wenn das Multimeter nicht im "High-Speed"-Modus betrieben wird, wird der im Ausgangspuffer enthaltene Messwert überschrieben, sobald ein neuer Messwert verfügbar ist).

[1] Weitere Informationen über "Direct-Sampling"- und "Sub-Sampling"-Messungen siehe [Kapitel 5](#).

Wenn im "High-Speed"-Modus der Messwertspeicher aktiv und als FIFO-Speicher konfiguriert ist, wird das Triggerfreigabeereignis automatisch zu HOLD, sobald der Messwertspeicher voll ist; dadurch werden die Messungen gestoppt, und das Multimeter schaltet vom "High-Speed"-Modus in den normalen Modus um. Nach dem Auslesen einiger oder aller Messwerte aus dem Messwertspeicher können Sie die Wiederaufnahme der Messungen initiieren, indem Sie mit dem Befehl TARM ein anderes Triggerfreigabeereignis spezifizieren. Wenn der Messwertspeicher im LIFO-Modus voll wird, werden die jeweils ältesten Messwerte durch die neuesten überschrieben, ganz gleich, ob sich das Multimeter im "High-Speed"-Modus befindet oder nicht.

**HINWEIS**

Im "High-Speed"-Modus wird der Eingangspuffer für die Dauer der Messungen deaktiviert. Falls der GPIB-EOI-Modus END ALWAYS spezifiziert wurde, wird dieser nach Abschluss der Messungen automatisch auf END ON abgeändert. Nach Abschluss der Messungen werden der Eingangspuffer-Modus und der EOI-Modus wieder auf den zuvor spezifizierten Wert abgeändert.

Im "High-Speed"-Modus antwortet das Multimeter nur auf den GPIB-Universalbefehl CLEAR (Device Clear). Falls Sie – aus welchem Grund auch immer – den "High-Speed"-Modus beenden möchten, senden Sie den folgenden Befehl:

**CLEAR 722**

Der Befehl CLEAR unterbricht die Messfolge; dadurch wird der "High-Speed"-Modus beendet. Weitere Informationen über den GPIB-Universalbefehl CLEAR siehe [Anhang B](#).

## Konfigurieren für schnelle Messungen

Der Befehl PRESET FAST beinhaltet eine Reihe von Befehlen, die das Multimeter für hohe Messgeschwindigkeit konfigurieren. Die Messrate wird zusätzlich durch folgende Parameter beeinflusst: Integrationszeit und/oder Auflösung; Trigger-Konfiguration: Verzögerungszeit; AC-Bandbreite (betrifft nur AC-Messungen); Offset-Kompensationsverfahren (betrifft nur Widerstandsmessungen).

**HINWEIS**

Zusätzlich zu den in diesem Abschnitt beschriebenen Befehlen kann der Befehl DEFEAT dazu verwendet werden, die Messgeschwindigkeit zu erhöhen. Der Befehl DEFEAT deaktiviert den Eingangsschutz-Algorithmus sowie diverse Syntax- und Fehlererkennungsalgorithmen. Wenn diese Algorithmen deaktiviert sind, werden Änderungen der Messkonfiguration schneller ausgeführt. Einzelheiten und einen VORSICHT-Hinweis zum Befehl DEFEAT finden Sie in [Kapitel 6](#).

**Befehl PRESET FAST**

Der Befehl PRESET FAST deaktiviert zahlreiche Funktionen, die die Messrate verringern, und konfiguriert das Multimeter für schnelle Messwertübertragung in den Messwertspeicher und über den GPIB. In [Tabelle 4-3](#) sind die Befehle aufgelistet, die der Befehl PRESET FAST beinhaltet; zu jedem dieser Befehle ist der Grund angegeben, warum er die Messgeschwindigkeit erhöht.

**Tabelle 4-3** Liste der von PRESET FAST ausgeführten Befehle

| Befehl    | Grund   |
|-----------|---|
| DCV 10    | Dieser Befehl wählt die Messfunktion Gleichspannung und den Bereich 10 V; die "Autorange"-Funktion wird dadurch deaktiviert. Die "Auto-range"-Funktion tastet das Eingangssignal vor jeder Messung ab, was im Vergleich zu Messungen in einem festen Bereich zusätzliche Zeit kostet. Ein fester Bereich hat den Nachteil, dass Signale mit einer Amplitude von weniger als 10% des Bereichsendwertes nur mit verringelter Auflösung gemessen werden und Signale mit einer Amplitude oberhalb des Bereichsendwertes die Messschaltung übersteuern können. |
| AZERO OFF | Bei aktiver "Autozero"-Funktion wird nach jeder Messung eine Nullpunktmeßung ausgeführt (gilt nur für DC-Messungen), wodurch sich die Messzeit verlängert.  |
| DISP OFF  | Der Zeitbedarf für die Aktualisierung der Display-Anzeige verringert die Messrate.  |
| MATH OFF  | Jede aktive Echtzeit-Math-Operation kostet zusätzliche Zeit und verringert dadurch die Messrate. Falls Sie bei geschwindigkeitskritischen Messungen mathematische Operationen anwenden müssen, sollten Sie die Post-Processing-Math-Funktionen (Befehl MMATH) verwenden. Weitere Informationen hierzu siehe unter " <a href="#">Mathematische Operationen</a> " weiter unten in diesem Kapitel.   |

**Tabelle 4-3** Liste der von PRESET FAST ausgeführten Befehle (Fortsetzung)

| Befehl       | Grund  |
|--------------|--|
| MFORMAT DINT | Der A/D-Wandler liefert die digitalisierten Messwerte entweder im SINT- oder DINT-Format. (Das Format ist davon abhängig, welche Messauflösung spezifiziert wurde; in der PRESET-FAST-Konfiguration verwendet der A/D-Wandler das DINT-Format <sup>[a]</sup> ). Die Übertragung von Messwerten in den Messwertspeicher geht am schnellsten vonstatten, wenn das Speicherformat (MFORMAT) mit dem A/D-Wandler-Ausgabeformat übereinstimmt, weil dann keine Konvertierung erforderlich ist. (Informationen darüber, in welchen Fällen das SINT-Format oder das DINT-Format zu bevorzugen ist, finden Sie unter " <a href="#">Datenformate für Messwertspeicherung</a> " weiter oben in diesem Kapitel).  |
| OFORMAT DINT | Der A/D-Wandler liefert die digitalisierten Messwerte entweder im SINT- oder DINT-Format. (Das Format ist davon abhängig, welche Messauflösung spezifiziert wurde; in der PRESET-FAST-Konfiguration verwendet der A/D-Wandler das DINT-Format*). Die Übertragung von Messwerten in den Ausgangspuffer geht am schnellsten vonstatten, wenn das GPIB-Ausgabeformat (OFORMAT) mit dem A/D-Wandler-Ausgabeformat übereinstimmt, weil dann keine Konvertierung erforderlich ist. Wenn außerdem auch noch das GPIB-Ausgabeformat mit dem Speicherformat übereinstimmt, ist auch beim Abrufen von Messwerten aus dem Messwertspeicher keine Konvertierung erforderlich. Beachten Sie, dass Sie beim Abrufen von Messwerten im SINT- oder DINT-Format den Skalierungsfaktor mit dem Befehl ISCALE? abfragen und anschließend auf die Messwerte anwenden müssen. (Informationen darüber, in welchen Fällen das SINT-Format oder das DINT-Format zu bevorzugen ist, finden Sie unter " <a href="#">Datenformate für Messwertspeicherung</a> " weiter oben in diesem Kapitel). |

[a] In der Betriebsart "Direct-Sampling"-Digitalisierung ist das verwendete Format von der Amplitude des Eingangssignals abhängig. Einzelheiten hierzu siehe [Kapitel 5](#).

## Integrationszeit und Auflösung

**DC-, Widerstands- und analoge AC-Messungen:** Die spezifizierte Integrationszeit und/oder Auflösung haben bei den folgenden Messfunktionen einen signifikanten Einfluss auf die Messrate: Gleichspannung; Gleichstrom; 2- oder 4-Draht-Widerstand; Wechselstrom oder AC+DC-Strom; Wechselspannung oder AC+DC-Spannung (nur bei Messung nach dem SETACV-ANA-Verfahren). Je länger die Integrationszeit (oder je höher die Auflösung), desto geringer ist die Messrate. Die Spezifikationen in [Anhang A](#) enthalten Informationen über die Messraten für die oben genannten Messfunktionen in Abhängigkeit von der Integrationszeit.

**Wechselspannungsmessungen nach dem "Synchronous-Sampling"- oder**

**"Random-Sampling"-Verfahren:** Bei ACV- oder AC+DCV-Messungen nach dem Verfahren SETACV SYNC oder SETACV RNDM ist die Integrationszeit fest vorgegeben. Bei diesen Messungen hat die spezifizierte Auflösung einen signifikanten Einfluss auf die Messrate. Die Spezifikationen in [Anhang A](#) enthalten Informationen über die Messraten für "Sampling"-AC-Messungen in Abhängigkeit von der spezifizierten Auflösung.

**Frequenz- oder Periodenmessungen:** Bei Frequenz- oder Periodenmessungen ist die Integrationszeit ohne Einfluss. Bei diesen Messungen hat die spezifizierte Auflösung (die mittelbar die Torzeit vorgibt) einen signifikanten Einfluss auf die Messrate. Die Spezifikationen in [Anhang A](#) enthalten Informationen über die Messraten für Frequenz- und Periodenmessungen in Abhängigkeit von der spezifizierten Auflösung.

### Triggerkonfiguration

Um die schnellste Triggerkonfiguration zu gewährleisten, spezifizieren Sie sowohl als Triggerfreigabe-, Trigger- und Abtastereignis jeweils AUTO. Alternativ können Sie als Abtastereignis TIMER verwenden (oder den Befehl SWEEP). Solange nicht der Fehler TRIGGER TOO FAST auftritt, ist die Messrate umgekehrt proportional zum TIMER- oder SWEEP-Intervall.

### Verzögerungszeit

Normalerweise verwendet das Multimeter automatisch einen Standard-DELAY-Wert, der von der aktuellen Messfunktion, dem Bereich, der Auflösung und (bei AC-Messungen) der spezifizierten AC-Bandbreite abhängig ist. Der Standardwert für DELAY ist gleich der Einschwingzeit, die dem Multimeter vor der ersten Messung benötigt, um die spezifizierte Genauigkeit zu erreichen. Der Standard-DELAY-Wert hat bei analogen AC-Messungen einen großen Einfluss auf die Messrate und bei ACV-"Sampling"-Messungen oder DC-Messungen nur einen sehr geringen Einfluss auf die Messrate. Bei analogen AC-Messungen können Sie die Messrate erhöhen, indem Sie für DELAY einen kleineren Wert als den Standardwert spezifizieren. Dabei müssen Sie jedoch in Kauf nehmen, dass das Multimeter wegen der verkürzten Einschwingzeit nicht seine volle Messgenauigkeit erreicht.

## AC-Bandbreite

Bei AC-Messungen sollten Sie zur Maximierung der Messrate für die AC-Bandbreite (Befehl ACBAND) einen Wert spezifizieren, der dem Frequenzspektrum des Eingangssignals entspricht. Die Spezifikationen in [Anhang A](#) enthalten Informationen über die Messraten für AC-Messungen in Abhängigkeit von der AC-Bandbreite.

## Offset-Kompensation

Bei 2- oder 4-Draht-Widerstandsmessungen mit Offset-Kompensation führt das Multimeter vor jeder Widerstandsmessung eine Offsetspannungsmessung aus. Die Messung dauert dadurch länger als bei deaktivierter Offset-Kompensation (OCOMP OFF).

## Beispiel für DCV-Messungen im "High-Speed"-Modus

Das folgende Programm misst die anliegende Gleichspannung mit der größtmöglichen Messrate (> 100 k Messungen pro Sekunde). Die Messwerte werden intern gespeichert.

```
10 OUTPUT 722;"PRESET FAST"      !Gleichspannungsmessung, Bereich 10 V, Trigger-
15                               !freigabeereignis SYN, Triggerereignis AUTO
20 OUTPUT 722;"APER 1.4E-6"      !Maximal mögliche Integrationszeit für
25                               !>100 k Messungen pro Sekunde
30 OUTPUT 722;"MFORMAT SINT"    !Speicherformat SINT
40 OUTPUT 722;"MEM FIFO"       !Messwertspeicher aktivieren
50 OUTPUT 722;"NRDGS 10000,AUTO !10000 Messungen pro Trigger, Abtastereignis
55                               !AUTO
60 OUTPUT 722;"TARM SGL"       !Messungen triggern
70 END
```

### Beispiel für OHM- (oder OHMF-) Messungen im "High-Speed"-Modus

Das folgende Programm initiiert 2-Draht-Widerstandsmessungen mit größtmöglicher Messrate (> 100 k Messungen pro Sekunde). Für 4-Draht-Widerstandsmessungen brauchen Sie einfach nur den Befehl OHM in Zeile 50 durch OHMF zu ersetzen.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET FAST"      !Gleichspannungsmessung, Bereich 10 V, Trigger-
15                               !frei-gabeereignis SYN, Triggerereignis AUTO
20 OUTPUT 722;"APER 1.4E-6"      !Maximal mögliche Integrationszeit für
25                               !>100 k Messungen pro Sekunde
30 OUTPUT 722;"MFORMAT SINT"    !Speicherformat SINT
40 OUTPUT 722;"MEM FIFO"       !Messwertspeicher aktivieren
50 OUTPUT 722;"OHM 100E3"       !2-Draht-Widerstandsmessung, Bereich 100 k(Ω)
60 OUTPUT 722;"NRDGS 10000,AUTO"!10000 Messungen pro Trigger, Abtastereignis
65                               !AUTO
70 OUTPUT 722;"TARM SGL"       !Messungen triggern
80 END

```

### Beispiel für DCI-Messungen im "High-Speed"-Modus

Das folgende Programm initiiert Gleichstrommessungen mit größtmöglicher Messrate.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET FAST"      !Gleichspannungsmessung, Bereich 10 V, Trigger-
15                               !frei-gabeereignis SYN, Triggerereignis AUTO
20 OUTPUT 722;"APER 1.4E-6"      !Maximal mögliche Integrationszeit für
25                               !Maximale Messrate
30 OUTPUT 722;"MFORMAT SINT"    !Speicherformat SINT
40 OUTPUT 722;"MEM FIFO"       !Messwertspeicher aktivieren
50 OUTPUT 722;"DCI 100E-3"      !Messfunktion DCI, Bereich 100 mA
60 OUTPUT 722;"NRDGS 5000 AUTO"!5000 Messungen pro Trigger, Abtastereignis
65                               !AUTO
70 OUTPUT 722;"TARM SGL"       !Messungen triggern
80 END

```

## Beispiel für ACV/ACDCV-Messungen nach dem "Synchronous Sampling" -Verfahren

Das folgende Programm misst die anliegende Wechselspannung nach dem "Synchronous-Sampling"-Verfahren mit größtmöglicher Messrate (ca. 10 Messungen pro Sekunde). Für AC+DCV-Messungen brauchen Sie einfach nur den Befehl ACV in Zeile 50 durch ACDCV zu ersetzen.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET FAST"      !Triggerfreigabeereignis SYN, Triggerereignis
15                               !AUTO
20 OUTPUT 722;"MFORMAT SINT"    !Speicherformat SINT
30 OUTPUT 722;"MEM FIFO"       !Messwertspeicher aktivieren
40 OUTPUT 722;"SETACV SYNC"    !AC-Messverfahren "Synchronous-Sampling"
50 OUTPUT 722;"ACV 10,2"       !Messfunktion ACV, Bereich 10 V, Auflösung 2%
60 OUTPUT 722;"ACBAND 5E3,8E3" !Eingangssignalsignal-Frequenzbereich 5 kHz
65                               !bis 8 kHz
70 OUTPUT 722;"NRDGS 20, AUTO" !20 Messungen pro Trigger, Abtastereignis AUTO
80 OUTPUT 722;"TARM SGL"       !Messungen triggern
90 END

```

## Beispiel für schnelle ACV/ACDCV-Messungen nach dem "Random-Sampling"-Verfahren

Das folgende Programm misst die anliegende Wechselspannung nach dem "Random-Sampling"-Verfahren mit größtmöglicher Messrate (ca. 45 Messungen pro Sekunde). Für AC+DCV-Messungen brauchen Sie einfach nur den Befehl ACV in Zeile 50 durch ACDCV zu ersetzen.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET FAST""    !Triggerfreigabeereignis SYN, Triggerereignis
15                               !AUTO
20 OUTPUT 722;"MFORMAT SINT"    !Speicherformat SINT
30 OUTPUT 722;"MEM FIFO"       !Messwertspeicher aktivieren
40 OUTPUT 722;"SETACV RNDM"    !AC-Messverfahren "Random-Sampling"
50 OUTPUT 722;"ACV 10 6"       !Messfunktion ACV, Bereich 10 V, Auflösung 6%
60 OUTPUT 722;"ACBAND 10E3,20E3"!Eingangssignalsignal-Frequenzbereich 10 kHz
65                               !bis 20 kHz
70 OUTPUT 722;"NRDGS 100, AUTO"!100 Messungen pro Trigger, Abtastereignis AUTO
80 OUTPUT 722;"TARM SGL"       !Messungen triggern
90 END

```

## Beispiel für schnelle ACV/ACDCV-Messungen nach dem analogen Verfahren

Das folgende Programm misst die anliegende Wechselspannung nach dem analogen Verfahren mit größtmöglicher Messrate. Dieses Programm verwendet den Standard-DELAY-Wert. Sie können die Messrate erhöhen, indem Sie für DELAY einen kleineren Wert als den Standardwert spezifizieren; dabei müssen Sie jedoch in Kauf nehmen, dass das Multimeter wegen der verkürzten Einschwingzeit nicht seine volle Messgenauigkeit erreicht. Sie können die Messrate außerdem dadurch erhöhen, dass Sie in Zeile 60 eine kürzere Integrationszeit spezifizieren; auch in diesem Fall ist die Messgenauigkeit nicht spezifiziert. Für AC+DCV-Messungen brauchen Sie einfach nur den Befehl ACV in Zeile 50 durch ACDCV zu ersetzen.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET FAST"          !Triggerfreigabeereignis SYN, Triggerereignis AUTO
15                                     !Speicherformat SINT
20 OUTPUT 722;"MFORMAT SINT          !Messwertspeicher aktivieren, FIFO-Modus
30 OUTPUT 722;"MEM FIFO"            !Analoges AC-Messverfahren
40 OUTPUT 722;"SETACV ANA"          !Messfunktion ACV, Bereich 10 V
50 OUTPUT 722;"ACV 10"              !Integrationszeit 0.1 PLC
60 OUTPUT 722;"NPLC 0.1""           !Eingangssignalssignal-Frequenzbereich
70 OUTPUT 722;"ACBAND 10E3,20E3"    !10 kHz bis 20 kHz
75                                     !100 Messungen pro Trigger, Abtastereignis
80 OUTPUT 722;"NRDGS 100, AUTO"     !AUTO
85                                     !Messungen triggern
90 OUTPUT 722;"TARM SGL"
100 END

```

## Beispiel für schnelle ACI/ ACDCI-Messungen

Das folgende Programm führt schnelle Wechselstrommessungen durch. Dieses Programm verwendet den Standard-DELAY-Wert. Sie können die Messrate erhöhen, indem Sie für DELAY einen kleineren Wert als den Standardwert spezifizieren; dabei müssen Sie jedoch in Kauf nehmen, dass das Multimeter wegen der verkürzten Einschwingzeit nicht seine volle Messgenauigkeit erreicht. Sie können die Messrate außerdem dadurch erhöhen, dass Sie in Zeile 50 eine kürzere Integrationszeit spezifizieren; auch in diesem Fall ist die Messgenauigkeit nicht-spezifiziert. Für AC+DCI-Messungen brauchen Sie einfach nur den Befehl ACI in Zeile 40 durch ACDCI zu ersetzen.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET FAST"
15
20 OUTPUT 722;"MFORMAT SINT"
30 OUTPUT 722;"MEM FIFO"
40 OUTPUT 722;"ACI 100E-3"
50 OUTPUT 722;"NPLC 0.1"
60 OUTPUT 722;"ACBAND 10E3,20E3"
65
70 OUTPUT 722;"NRDGS 100,AUTO"
75
80 OUTPUT 722;"TARM SGL"
90 END

!Triggerfreigabeereignis SYN, Triggerereig-
!nis AUTO
!Speicherformat SINT
!Messwertspeicher aktivieren, FIFO-Modus
!Messfunktion ACI, Bereich 100 mA
!Integrationszeit 0.1 PLC
!Eingangssignal-Frequenzbereich
!10 kHz bis 20 kHz
!100 Messungen pro Trigger, Abtastereignis
!AUTO
!Messungen triggern

```

### Beispiel für schnelle Frequenz- (oder Perioden-) Messungen

Das folgende Programm führt schnelle Frequenzmessungen durch. Für Periodenmessungen brauchen Sie einfach nur den Befehl FREQ in Zeile 40 durch PER zu ersetzen.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET FAST"
15
20 OUTPUT 722;"MFORMAT SREAL"
30 OUTPUT 722;"MEM FIFO"
40 OUTPUT 722;"FREQ 10, .1"
45
50 OUTPUT 722;"ACBAND 10E3,20E3"
55
60 OUTPUT 722;"NRDGS 100, AUTO"
65
70 OUTPUT 722;"TARM SGL"
80 END

!Triggerfreigabeereignis SYN, Triggerereig-
!nis AUTO
!Speicherformat SREAL
!Messwertspeicher aktivieren, FIFO-Modus
!Messfunktion Frequenz, Bereich 10 V, Tor-
!zeit 100µs
!Eingangssignal-Frequenzbereich
!10 kHz bis 20 kHz
!100 Messungen pro Trigger, Abtastereignis
!AUTO
!Messungen triggern

```

## Schnelle Messwertübertragung über den GPIB

Die höchste Geschwindigkeit bei der Messwertübertragung zum Steuercomputer erzielen Sie, wenn Sie mit dem Befehl OFORMAT das vom A/D-Wandler verwendete Ausgabeformat (SINT oder DINT) auch als GPIB-Ausgabeformat spezifizieren. Der Grund dafür ist, dass das Multimeter dann keine Formatkonvertierung durchzuführen braucht. Für schnelle Messungen mit geringer Auflösung (3,5 oder 4,5 Stellen) in einem festen Bereich sollten Sie das SINT-Ausgabeformat verwenden. (Da das SINT-Format nur zwei Bytes pro Messwert benötigt, erlaubt es eine schnellere Messwertübertragung über den GPIB als alle übrigen Formate). Bei hochauflösenden Messungen (5,5 Stellen oder mehr) in einem festen Bereich erzielen Sie mit dem Ausgabeformat DINT die größtmögliche GPIB-Übertragungsgeschwindigkeit.

Das Multimeter ist in der Lage, mehr als 100.000 Messwerte pro Sekunde zu erfassen und zum Steuercomputer zu übertragen. Bei Verwendung des Ausgabeformats SINT müssen der GPIB und der Steuercomputer Datenraten von mehr als 200 kByte pro Sekunde unterstützen. Bei Computern der Familie Hewlett-Packard Serie 200/300 ist hierzu eine DMA- (Direct Memory Access) Karte erforderlich. Außerdem müssen andere GPIB-Geräte, die den GPIB "ausbremsen" könnten, vom Bus abgetrennt werden; weiterhin sollten die GPIB-Kabel möglichst kurz gehalten werden.

Das folgende Programm überträgt die erfassten Messwerte mit größtmöglicher Geschwindigkeit direkt zum Steuercomputer. Dieses Programm konfiguriert das Multimeter für Messungen mit seiner maximalen Messrate von mehr als 100.000 Messungen pro Sekunde. Die Messwerte werden im SINT-Format ausgegeben. Wenn der Bus oder der Steuercomputer keine Datenraten von mehr als 200.000 Messwerten pro Sekunde unterstützt, verringert sich die Messrate entsprechend. Der Grund dafür ist, dass das Multimeter im "High-Speed"-Modus den aktuellen Messwert erst dann in den Ausgangspuffer schreibt, wenn der vorige Messwert vom Steuercomputer aus dem Puffer ausgelesen wurde. In dem folgenden Programm werden die Messungen durch das Triggerfreigabeereignis SYN getriggert (alternativ könnte TRIG SYN verwendet werden). Die Triggerung durch das SYN-Ereignis ist eine wichtige Voraussetzung für schnelle Messungen, weil dadurch gewährleistet ist, dass der Steuercomputer zum Einlesen des nächstfolgenden Messwertes bereit ist. Der Befehl TRANSFER (Zeile 120) generiert ein SYN-Ereignis und ist die schnellste Methode für die GPIB-Übertragung von Messwerten, insbesondere in Verbindung mit der DMA- (Direct Memory Access) fähigen GPIB-Schnittstelle.

```

10 OPTION BASE 1                      !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 INTEGER Num_readings               !Variable deklarieren
30 INTEGER Int_rdgs(1:30000) BUFFER !Integer-Array für Puffer deklarieren
40 REAL Rdgs(1:30000)                !Real-Array deklarieren
50 Num_readings=30000                 !Anzahl der Messwerte = 30000
60 ASSIGN @Dvm TO 722                 !Multimeteradresse zuweisen
70 ASSIGN Int_rdgs TO BUFFER Int_rdgs(*)!Puffer-I/O-Pfadname zuweisen
80 OUTPUT @Dvm; "PRESET FAST"        !Triggerfreigabeereignis SYN, Triggerereig-
85                                         !nis AUTO, Messfunktion DCV, Bereich 10 V
90 OUTPUT @Dvm;"APER 1.4E-6"          !Integrationszeit 1.4 µs
100 OUTPUT @Dvm; "OFORMAT SINT"       !Ausgabeformat SINT
110 OUTPUT @Dvm; "NRDGS"; Num_readings !30000 Messungen pro Trigger, Abtaster-
111                                         !eignis AUTO Abtastereignis (Standard-
112                                         !wert)
120 TRANSFER @Dvm TO @Int rdgs;WAIT   !SYN-Ereignis, Messwerte übertragen
121 !in Integer-Array; da das Integer-Format des Computers exakt dem SINT-Format
122 !entspricht, ist keine Datenkonvertierung notwendig (es ist ein Integer-Array
123 !erforderlich)
130 OUTPUT @Dvm; "ISCALE?"           !Skalierungsfaktor für SINT-Format abfragen
140 ENTER @Dvm;S                     !Skalierungsfaktor einlesen
150 FOR I=1 TO Num_readings
160 Rdgs(I)=Int_rdgs(I)              !Jeweils einen Integer-Messwert in das Real-
165 !Format umwandeln (ist zur Verhinderung eines etwaigen Integer-Überlaufs in
166 !der nächsten Zeile erforderlich)
170 R=ABS(Rdgs(I))                  !Anhand des absoluten Wertes auf Bereichs-
175                                         !überschreitung überprüfen
180 IF R>=32767 THEN PRINT "OVLD"    !Falls Bereichsüberschreitung, Meldung
185                                         !anzeigen
190 Rdgs(I)=Rdgs(I)*S              !Messwert mit Skalierungsfaktor multipli-
195                                         !zieren
200 Rdgs(I)=OROUND(Rdgs(I),4)       !Auf vier Stellen runden
210 NEXT I
220 END

```

## Schnelle Messwertübertragung aus dem Messwertspeicher

Die höchste Geschwindigkeit bei der Messwertübertragung vom Messwertspeicher zum Steuercomputer erzielen Sie, wenn Sie mit dem Befehl MFORMAT das verwendete GPIB-Ausgabeformat (OFORMAT) auch als Speicherformat spezifizieren. Der Grund dafür ist, dass dann beim Abrufen der Messwerte aus dem Speicher keine Datenkonvertierung erforderlich ist. Für schnelle Messungen mit geringer Auflösung (3,5 oder 4,5 Stellen) in einem festen Bereich sollten Sie das SINT-Ausgabeformat verwenden. (Da das SINT-Format nur zwei Bytes pro Messwert benötigt, erlaubt es eine schnellere Messwertübertragung über den GPIB als alle anderen Formate). Bei hochauflösenden Messungen (5,5 Stellen oder mehr) in einem festen Bereich erzielen Sie mit dem Ausgabeformat DINT die größtmögliche GPIB-Übertragungsgeschwindigkeit. Bei Messungen mit automatischer Bereichswahl erzielen Sie die größtmögliche Übertragungsgeschwindigkeit mit dem SREAL-Format (bei einer Auflösung bis zu 6,5 Stellen) oder dem DREAL-Format (bei einer Auflösung von 7,5 oder 8,5 Stellen). Zur weiteren Maximierung der Übertragungsgeschwindigkeit vom Messwertspeicher zum Steuercomputer können Sie das Display und die Math-Operationen deaktivieren.

Das folgende Programm überträgt die im Messwertspeicher enthaltenen Messwerte mit größtmöglicher Geschwindigkeit zum Steuercomputer. Das Programm veranlasst das Multimeter, zunächst 5000 Messwerte im SINT-Format in den Messwertspeicher zu schreiben. Anschließend werden die Messwerte durch "impliziertes Lesen" aus dem Messwertspeicher ausgelesen und mit dem Befehl TRANSFER (Zeile 130) im SINT-Format zum Steuercomputer übertragen. Der Steuercomputer fragt den Skalierungsfaktor ab, multipliziert die Messwerte jeweils mit dem Skalierungsfaktor und speichert die so korrigierten Messwerte in das Array Rdgs ab.

```

10 OPTION BASE 1                      !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 INTEGER Num_readings               !Variable deklarieren
30 INTEGER Int_rdgs(1:3000) BUFFER    !Integer-Array für Puffer deklarieren
40 REAL Rdgs(1:3000)                  !Real-Array deklarieren
50 Num_readings=3000                  !Anzahl der Messwerte = 3000
60 ASSIGN @Dvm TO 722                 !Multimeteradresse zuweisen
70 ASSIGN Int_rdgs TO BUFFER Int_rdgs(*) !Puffer-I/O-Pfadname zuweisen
80 OUTPUT @Dvm; "PRESET FAST"        !Triggerfreigabeereignis SYN, Trigge-
81                                         !rereignis AUTO, Messfunktion DCV,
82                                         !Bereich 10 V
90 OUTPUT @Dvm; "APER 1.4E-6"         !Integrationszeit 1.4 μs
100 OUTPUT @Dvm; "OFORMAT SINT"       !Ausgabeformat SINT

```

```

110 OUTPUT @Dvm; "NRDGS"; Num_readings !30000 Messungen pro Trigger, Abtaster-
115 !eignis AUTO Abtastereignis (Standardwert)
120 TRANSFER @Dvm TO @Int rdgs;WAIT !SYN-Ereignis, Messwerte übertragen in Inte-
121 ger-Array; da das Integer-Format des Computers exakt dem SINT-Format ent
122 !spricht, ist keine Datenkonvertierung notwendig (es ist ein Integer-Array
123 !erforderlich)
130 OUTPUT @Dvm; "ISCALE?"           !Skalierungsfaktor für SINT-Format abfragen
140 ENTER @Dvm;S                   !Skalierungsfaktor einlesen
150 FOR I=1 TO Num_readings
160 Rdgs(I)=Int_rdgs(I)          !Jeweils einen Integer-Messwert in das Real-
165 !Format umwandeln (ist zur Verhinderung eines etwaigen Integer-Überlaufs in
166 !der nächsten Zeile erforderlich)
170 R=ABS(Rdgs(I))              !Anhand des absoluten Wertes auf Bereichs-
171                               !überschreitung überprüfen
180 IF R>=32767 THEN PRINT "OVLD" !Falls Bereichsüberschreitung, Meldung
185                               !anzeigen
190 Rdgs(I)=Rdgs(I)*S          !Messwert mit Skalierungsfaktor multipli-
195                               !zieren
200 Rdgs(I)=OROUND(Rdgs(I),4)   !Auf vier Stellen runden
210 NEXT I
220 END

```

## Bestimmen der Messrate

Bei Verwendung des Abtastereignisses TIMER oder des Befehls SWEEP ist die Messrate gleich dem Kehrwert des spezifizierten Zeitintervalls zwischen den Messungen (sofern nicht der Fehler TRIGGER TOO FAST auftritt). Wenn beispielsweise für TIMER der Wert 1E-4 spezifiziert wurde, beträgt die Messrate  $1/1E-4 = 10,000$  Messungen pro Sekunde. Bei Verwendung eines anderen Abtastereignisses können Sie die Messrate folgendermaßen ermitteln: Spezifizieren Sie eine große Anzahl von Messungen pro Triggerereignis und konfigurieren Sie das Multimeter so, dass es nach jeder Messung über den Ausgang Ext Out einen Steuerimpuls ausgibt (Befehl EXTOUT RCOMP); schließen Sie an den Ausgang Ext Out einen Frequenzzähler an. Die vom Frequenzzähler angezeigte Frequenz entspricht der Messrate in Messungen pro Sekunde.

Alternativ kann der Steuercomputer zum Timing von Messungen verwendet werden, die mit dem Befehl TARM SGL oder TRIG SGL ausgelöst werden. Bei deaktiviertem Eingangspuffer (INBUF OFF) blockiert das SGL-Ereignis den GPIB bis zum Abschluss der Messungen. Das bedeutet, dass die zur Ausführung des Befehls TARM SGL bzw. TRIG SGL benötigte Zeit gleich der Gesamt-Messzeit ist. Das folgende Programmbeispiel veranlasst das Multimeter dazu, 10000 Messwerte in den Messwertspeicher zu schreiben, misst den Zeitbedarf für 10000 TARM-SGL-Messungen, dividiert den Wert 10000 durch die Gesamt-Messzeit und zeigt die Messrate (in Messungen pro Sekunde) an. Der Befehl TIMEDATE (Zeilen 90 und 110) bezieht sich auf einen BASIC-Computer Hewlett-Packard Serie 200/300. Informationen über die Verwendung des Timers in Ihrem Steuercomputer finden Sie in der Dokumentation zu Ihrem Computer.

```

10  REAL Num_readings      !Array deklarieren
20  Num_readings=10000     !Anzahl der Messwerte = 10000
30  ASSIGN @Dvm to 722     !Multimeteradresse zuweisen
40  OUTPUT @Dvm;"PRESET FAST" !Messfunktion DCV, Bereich 10 V, Speicher-
41                           !format DINT, FAST-Modus
45                           !Messungen, Triggerfreigabeereignis SYN,
46                           !Triggerereignis AUTO
50  OUTPUT @Dvm;"NPLC 0"    !Minimale Integrationszeit (500 ns)
60  OUTPUT @Dvm;"MEM FIFO" !Messwertspeicher aktivieren, FIFO-Modus
70  OUTPUT @Dvm;"MFORMAT SINT" !Speicherformat SINT
80  OUTPUT @Dvm;"NRDGS"; Num_readings , "AUTO" !10000 Messungen pro Trigger,
81                           !Abtastereignis AUTO
85                           !Abtastereignis
90  TO-TIMEDATE            !Timer starten
100 OUTPUT @Dvm;"TARM SGL"  !Messungen triggern
110 T1=TIMEDATE            !Timer stoppen
120 PRINT "Readings per second = ";Num_readings/(T1-T0)
125                         !Anzahl der Messungen pro Sekunde anzeigen
130 END

```

Falls Messwerte direkt (ohne Verwendung des Messwertspeichers) über den GPIB übertragen werden, können Sie alternativ das Triggerfreigabe- oder Triggerereignis SYN (synchron) verwenden (das ebenfalls den GPIB so lange blockiert, bis alle Messwerte erfasst und übertragen wurden) und den Zeitbedarf für die Ausführung des Steuercomputerbefehls ENTER oder TRANSFER messen. Das folgende Programm demonstriert diese Vorgehensweise (das Triggerfreigabeereignis SYN wird durch den Befehl PRESET FAST in Zeile 50 spezifiziert).

```

10 REAL Num_readings           !Array deklarieren
20 Num_readings=300000          !Anzahl der Messwerte = 300000
30 ASSIGN @Dvm TO 722          !Multimeteradresse zuweisen
40 ASSIGN @Buffer TO BUFFER [2*Num_readings] !Puffer-I/O-Pfadname zuweisen
50 OUTPUT @Dvm; "PRESET FAST"   !Messfunktion DCV, Bereich 10 V, Ausgabe-
55 !format DINT, Triggerfreigabeereignis SYN, Triggerereignis AUTO
60 OUTPUT @Dvm;"NPLC 0"         !Minimale Integrationszeit
70 OUTPUT @Dvm;"OFORMAT SINT"   !Ausgabeformat SINT
80 OUTPUT @Dvm; "NRDGS "; Num_readings, "AUTO"
85 !300000 Messungen pro Trigger, Abtastereignis AUTO
90 TO=TIMEDATE                 !Timer-gesteuerte Messungen starten
100 TRANSFER @Dvm TO @Buffer;WAIT !SYN-Ereignis, Messwerte übertragen
110 T1=TIMEDATE                 !Timer-gesteuerte Messungen stoppen
120 PRINT "READINGS PER SECOND = 11;Num_readings/(T1/T0)
125                               !Anzahl der Messungen pro Sekunde anzeigen
130 END

```

## HINWEIS

Der Zeitbedarf zum Abfragen des Skalierungsfaktors (der zur Konvertierung der Messwerte in das SINT-Format benötigt wird) wird von dem obigen Programm nicht erfasst.

## EXTOUT-Signal

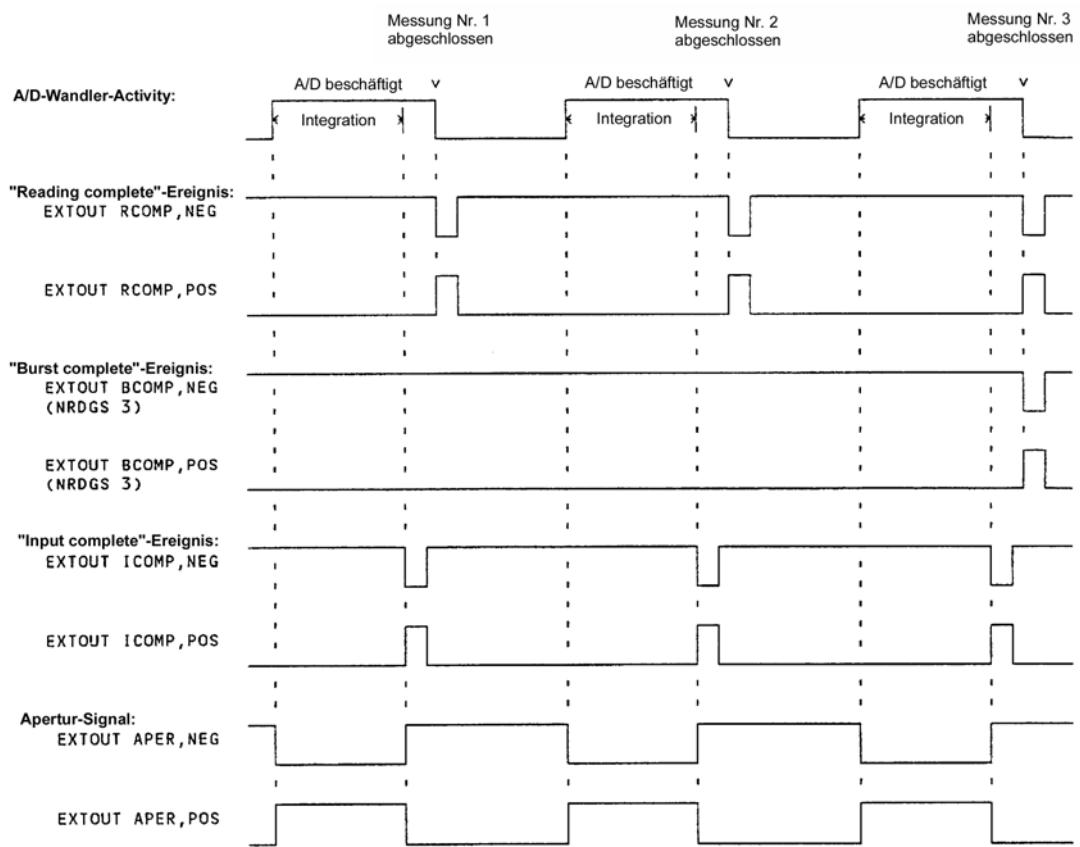
Sie können das Multimeter so konfigurieren, dass es über seinen TTL-Ausgang **Ext Out** eine Impulsflanke ausgibt, wenn ein spezifiziertes A/D-Wandler-Ereignis eintritt; oder wenn das Multimeter eine GPIB-Bedienungsanforderung sendet; oder wenn der Befehl EXTOUT ONCE ausgeführt wird. Dieses Signal kann dazu verwendet werden, externe Geräte mit dem Multimeter zu synchronisieren. Der erste Parameter des Befehls EXTOUT spezifiziert das signalauslösende Ereignis, der zweite Parameter spezifiziert die Signalpolarität: NEG = negative Flanke, POS = positive Flanke. Folgende Ereignisse können ein Signal am Ausgang **Ext Out** auslösen:

- "Reading complete" (Messung abgeschlossen)
- "Burst of readings complete" (Gruppe von Messungen abgeschlossen)
- "Input complete" (Signalerfassung abgeschlossen)
- "Aperture waveform" (Apertur-Signal)
- "Service Request" (Bedienungsanforderung)
- "EXTOUT ONCE" (Ausführung des Befehls EXTOUT ONCE)

Die meisten der oben genannten Ereignisse betreffen den A/D-Wandler des Multimeters. [Abbildung 4-5](#) zeigt die Zusammenhänge zwischen diesen Ereignissen und der A/D-Wandler-Aktivität.

### HINWEIS

Die in [Abbildung 4-5](#) dargestellten Zeitintervalle dienen nur zur Verbilligung der Zusammenhänge. Die in realen Multimeteranwendungen auftretenden Zeitintervalle können davon abweichen.



**Abbildung 4-5** Zusammenhänge zwischen den verschiedenen A/D-Wandler-Ereignissen

## "Reading Complete"

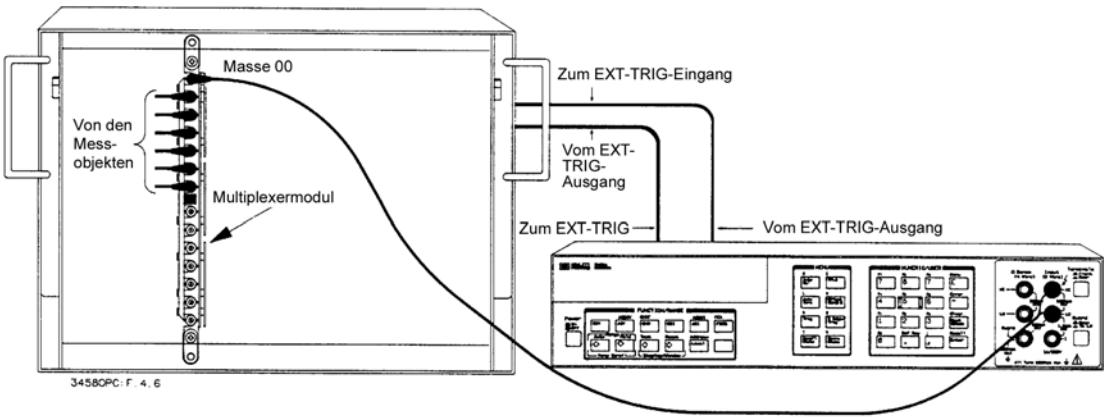
Wenn das Ereignis RCOMP ("Reading complete") spezifiziert wurde, gibt das Multimeter nach jeder Messung einen 1 µs-Impuls aus; dies gilt für sämtliche Messfunktionen. Bei AC-Sampling-Messungen (SETACV SYNC oder RNDM) wird nach jedem berechneten Messwert (und nicht etwa nach jedem erfassten Abtastwert) ein Impuls ausgegeben. Dieses Ereignis kann dazu verwendet werden, einen externen Multiplexer mit dem Multimeter zu synchronisieren, wenn eine Messung pro Multiplexerkanal ausgeführt werden soll.

Das folgende Programm verwendet den Befehl RCOMP dazu, das Multimeter mit einem Multiplexer (in diesem Fall mit einer Schalter-/Messeinheit 3235 mit Scanner-Multiplexer-Modul in Steckplatz 200) zu synchronisieren. [Abbildung 4-6](#) zeigt die Verkabelung der Messanordnung. Der Multiplexer wird durch Zeile 60 so programmiert, dass er nach jeder Kanalfortschaltung (d. h. nach dem Schließen des betreffenden Kontakts) einen negativen Impuls ausgibt. Dieser Impuls wird dem **Ext Trig**-Anschluss des Multimeters zugeführt und triggert jeweils eine Messung. Nach jeder Messung wird der Multiplexer durch das vom Multimeter ausgegebene EXTOUT-Signal dazu veranlasst, auf den nächsten Kanal umzuschalten. Nach erfolgter Kanalfortschaltung gibt der Multiplexer ein Steuersignal aus, das die nächste Messung triggert. Diese Sequenz wiederholt sich so oft, bis alle sechs Kanäle gescannt wurden. Die Messwerte werden im Messwertspeicher des Multimeters gespeichert.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET NORM"      !Messfunktion DCV, Anzahl der Messungen = 1,
11                               !AUTO, Triggerfreigabereignis AUTO, Trigge-
12                               !rereignis SYN
20 OUTPUT 722;"MEM FIFO"        !Messwertspeicher aktivieren, FIFO-Modus
30 OUTPUT 722;"TRIG EXT"        !Triggerereignis EXTERNAL
40 OUTPUT 722;"EXTOUT RCOMP,NEG" !READING COMPLETE EXTOUT, negative TTL-Flanke
45                               !Externen Multiplexer konfigurieren
50 OUTPUT 709;"SADV EXTIN"      !Multiplexer-Fortschaltung gesteuert durch
55                               !Signal am Multimeter-Ausgang EXTOUT
60 OUTPUT 709;"CHCLOSED EXT"    !Ausgangssignal negative Flanke nach Kon
65                               !taktschluss
70 OUTPUT 709;"SCAN 201- 206"   !Multiplexer in Steckplatz 200: Kanäle 01 bis
71                               !06 scannen und zum Kanal 01 fortschalten,
82                               !Scan-Vorgang starten
90 END

```



**Abbildung 4-6** Verwendung eines externen Multiplexers

"Burst Complete"

Wenn das Ereignis BCOMP ("Burst complete") spezifiziert wurde, gibt das Multimeter nach jeder Gruppe von Messungen einen 1 µs-Impuls aus. Die Anzahl der Messungen pro Gruppe wird mit dem Befehl NRDGS oder SWEEP spezifiziert. Das BCOMP-Ereignis kann dazu verwendet werden, einen externen Multiplexer mit dem Multimeter zu synchronisieren, wenn mehrere Messungen pro Multiplexerkanal ausgeführt werden sollen. Das folgende Programm unterscheidet sich von dem vorangegangenen dadurch, dass es das BCOMP-Ereignis verwendet und in jedem Multiplexerkanal 15 Messungen ausführt. **Abbildung 4-6** zeigt die Verkabelung zu diesem Beispiel.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET NORM"      !Gleichspannungsmessung, Einzelmessung, AUTO,
11                               !Trigger-freigabeereignis AUTO, Triggerereignis
12                               !SYN
20 OUTPUT 722;"MEM FIFO"        !Messwertspeicher aktivieren, FIFO-Modus
30 OUTPUT 722;"TRIG EXT"        !Triggerereignis EXTERNAL
40 OUTPUT 722;"EXTOUT BCOMP, NEG"!READING COMPLETE EXTOUT, negative TTL-Flanke
50 OUTPUT 722;"NRDGS 15, AUTO"  !15 Messungen pro Kanal
55                               !Externen Multiplexer konfigurieren
60 OUTPUT 709;"SADV EXTIN"      !Multiplexer-Fortschaltung gesteuert durch Signal
                                !am Multimeter-Ausgang EXTOUT
65

```

```

70 OUTPUT 709;"CHCLOSED EXT" !Ausgangssignal negative Flanke nach Kon
75                               !taktschluss
80 OUTPUT 709;"SCAN 201- 206" !Multiplexer in Steckplatz 200: Kanäle 01 bis 06 =
81                               !scannen und zum Kanal 01 fortschalten, Scan-Vor-
82                               !gang starten
90 END

```

### "Input complete"

Das "Input complete"-Ereignis (ICOMP) generiert, ebenso wie das RCOMP-Ereignis, pro Messung einen 1 µs-Impuls. Der ICOMP-Impuls wird jedoch schon ausgegeben, sobald der A/D-Wandler mit dem Integrieren des Eingangssignals fertig ist – also noch vor Abschluss der Messung (siehe Abbildung 4-5). Das ICOMP-Ereignis kann dazu verwendet werden, einen externen Multiplexer mit dem Multimeter zu synchronisieren, wenn eine Einzelmessung pro Multiplexerkanal ausgeführt werden soll. Dieses Ereignis ist von besonderer Bedeutung, wenn Sie einen relativ langsamen (Relais-) Multiplexer verwenden. Da das ICOMP-Ereignis eintritt, bevor die Messung abgeschlossen ist, bewirkt es eine schnellere Multiplexer-Kanalfortschaltung als das RCOMP-Ereignis. Das folgende Programm verwendet das ICOMP-Ereignis dazu, in jedem von insgesamt sechs Multiplexerkanälen eine Einzelmessung auszulösen. Beachten Sie, dass in Zeile 40 die Triggerpufferung aktiviert wird. Dadurch wird verhindert, dass am Multimeter der Fehler TRIGGER TOO FAST auftritt, falls der Multiplexer einen "Channel closed"-Impuls ausgibt, bevor die aktuelle Messung abgeschlossen ist. Abbildung 4-6 zeigt die Verkabelung zu diesem Beispiel.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET NORM"      !Messfunktion DCV, Einzelmessung, AUTO, Trig-
15                               !ger-freigabeereignis AUTO, Triggerereignis SYN
20 OUTPUT 722;"MEM FIFO"        !Messwertspeicher aktivieren, FIFO-Modus
30 OUTPUT 722;"TRIG EXT"        !Triggerereignis EXTERNAL
40 OUTPUT 722;"TBUFF ON"        !Eingangspuffer aktivieren
50 OUTPUT 722 "EXTOUT ICOMP,NEG" !INPUT COMPLETE EXTOUT, negative TTL-Flanke
55                               !Externen Multiplexer konfigurieren
60 OUTPUT 709;"SADV EXTIN"      !Multiplexer-Fortschaltung gesteuert durch
65                               !Signal am Multimeter-Ausgang EXTOUT
70 OUTPUT 709;"CHCLOSED EXT"    !Ausgangssignal negative Flanke nach Kon
75                               !taktschluss
80 OUTPUT 709;"SCAN 201- 206"   !Multiplexer in Steckplatz 200: Kanäle 01 bis 06
81                               !scannen und zum Kanal 01 fortschalten,
82                               !Scan-Vorgang starten
90 END

```

## Apertur-Signal

Wenn Sie das "Aperture waveform"-Ereignis (APER) spezifizieren, gibt das Multimeter so lange ein Signal aus, wie der A/D-Wandler mit der Integration des Eingangssignals beschäftigt ist. Dieses Signal zeigt nicht nur an, wann das Eingangssignal gemessen wird, sondern auch, wann eine "Autozero"- oder "Autorange"-Messung erfolgt. Dieses Signal kann dazu verwendet werden, externe Schalter oder Multiplexer mit dem Multimeter zu synchronisieren. Beispiel: Zur Gewährleistung einer "elektrisch sauberen" Umgebung für hochgenaue Messungen kann es erforderlich sein, für die Dauer der Eingangssignal-Integration jedwede Aktivität externer Schalter oder Multiplexer zu unterbinden. Dies können Sie erreichen, indem Sie das APER-Ereignis spezifizieren und den externen Schalter/Multiplexer so programmieren, dass er nur dann schaltet, wenn das "Apertur"-Signal anzeigt, dass das A/D-Wandler nicht mit der Eingangssignal-Integration beschäftigt ist. Die folgende Programmzeile aktiviert das APER-Ereignis mit positiver Polarität (siehe Abbildung 4-5):

```
OUTPUT 722; "EXTOUT APER,POS"
```

## Bedienungsanforderung

Wenn das Ereignis SRQ ("Service request") spezifiziert wurde, gibt das Multimeter immer dann, wenn es eine GPIB-Bedienungsanforderung sendet, einen 1 µs-Impuls aus. Dieses Ereignis kann dazu verwendet werden, um externen Geräten (insbesondere solchen ohne GPIB-Schnittstelle) zu signalisieren, dass ein oder mehrere spezifizierte Ereignisse stattgefunden und eine Bedienungsanforderung ausgelöst haben. (Informationen über Bedienungsanforderungen siehe unter "[Benutzung des Statusregisters](#)" in [Kapitel 3](#)).

### HINWEIS

Wenn ein Statusereignis das SRQ-Statusregisterbit setzt, bleibt dieses Bit so lange gesetzt, bis es (beispielsweise mit dem Befehl CSB) zurückgesetzt wird. Wenn EXTOUT SRQ spezifiziert wurde, wird immer dann ein Impuls ausgegeben, wenn ein Statusereignis eintritt, das mit dem Befehl RQS "SRQ-fähig" gemacht wurde. Damit der EXTOUT-SRQ-Impuls ausgegeben wird, reicht es nicht aus, dass das SRQ-Bit gesetzt ist; zusätzlich muss auch ein SRQ-fähiges Statusereignis eintreten.

Das folgende Programm verwendet das SRQ-Ereignis dazu, das Multimeter mit externen Geräten zu synchronisieren. Das Programm lädt ein Unterprogramm in das Multimeter herunter. Wenn das Unterprogramm vom Steuercomputer aufgerufen wird (Zeile 120), konfiguriert es das Multimeter für hochgenaue Temperaturmessungen mit Hilfe eines 10 kΩ-Thermistors. Nach Aufruf und Ausführung des Unterprogramms wird das Statusregisterbit 0 ("Programm memory execution completed") gesetzt. Dadurch wird die (in Zeile 30 aktivierte) SRQ-Leitung des Busses gesetzt und (wie in Zeile 40 spezifiziert) ein Impuls über den Ext Out-Anschluss ausgegeben. Dieser Impuls signalisiert dem externen Gerät, dass das Multimeter konfiguriert und zur Ausführung von Messungen bereit ist.

```

10  OUTPUT 722;"SUB EXTSRQ"    !Unterprogramm mit dem Namen "EXTSRQ" speichern
20  OUTPUT 722;-"PRESET NORM"  !PRESET,Triggerereignis SYN, Triggerfreigabeereig
25                  !nis AUTO, Einzelmessung, AUTO
30  OUTPUT 722;"RQS 1"        !"Subprogram Execution Complete"-Bit aktivieren
40  OUTPUT 722;"EXTOUT SRQ,POS"!SRQ EXTOUT EVENT, positive Flanke
50  OUTPUT 722;"OHMF 10E3"   !2-Draht-Widerstandsmessung, Bereich 10 kΩ
60  OUTPUT 722;"NPLC 100"    !Integrationszeit 100 PLC
70  OUTPUT 722;"OCOMP ON"    !Offset-Kompensation aktivieren
80  OUTPUT 722;"TRIG EXT"   !Triggerereignis EXTERNAL
90  OUTPUT 722;"MATH CTHRM10K"!Math-Operation 10kΩ THERMISTOR aktivieren
100 OUTPUT 722;"CSB"         !Statusregister zurücksetzen
110 OUTPUT 722;"SUBEND"     !Unterprogramm-Ende
120 OUTPUT 722;"CALL EXTSRQ"!Unterprogramm aufrufen
130 END

```

## EXTOUT ONCE

Auf den Befehl EXTOUT ONCE hin gibt das Multimeter über den Ext Out-Anschluss einen 1 µs-Impuls aus. Nach Ausführung des Befehls EXTOUT ONCE wird das EXTOUT-Signal deaktiviert (OFF). Das folgende Programm zeigt ein Beispiel hierfür. Der Befehl EXTOUT ONCE kann beispielsweise in Unterprogrammen dazu verwendet werden, einem externen Gerät zu signalisieren, dass das Unterprogramm (oder ein bestimmter Teil des Unterprogramms) ausgeführt wurde.

```

10  OUTPUT 722;"SUB EXTONCE"   !Unterprogramm mit dem Namen "EXTONCE" spei-
15                  !chern
20  OUTPUT 722;"EXTOUT ONCE"   !Signal an externes Gerät: Umschalten auf
25                  !DC-Ausgangssignal
30  OUTPUT 722;"PRESET FAST"  !Schnelle Messungen, Triggerfreigabeereignis
35                  !SYN, Triggerereignis AUTO

```

```
40  OUTPUT 722;"MEM FIFO"          !Messwertspeicher aktivieren, FIFO-Modus
50  OUTPUT 722;"NRDGS 20"         !20 Messungen pro Trigger
60  OUTPUT 722;"TARM SGL"        !20 Messungen triggern
70  OUTPUT 722;"EXTOUT ONCE"     !Signal an externes Gerät: Umschalten auf
75                           !Widerstandsmessung
80  OUTPUT 722;"OCOMP ON"        !Offset-Kompensation aktivieren
90  OUTPUT 722;"OHM 1E3"          !2-Draht-Widerstandsmessung, Bereich 1 kΩ
100 OUTPUT 722;"NRDGS 40"        !40 Messungen pro Trigger
110 OUTPUT 722;"TARM SGL"        !40 Messungen triggern
120 OUTPUT 722;"SUBEND"          !Unterprogramm-Ende
130 OUTPUT 722;"CALL EXTONCE"    !Unterprogramm aufrufen
140 END
```

## Mathematische Operationen

Einige mathematische Operationen haben nur einen einzigen Messwert als Operanden, andere haben mehrere aufeinanderfolgende Messwerte als Operanden. Es sind folgende mathematische Operationen verfügbar: "Null", "Scale", "Percent", "dB", "dBm", "Filter" und "RMS", außerdem spezifische Operationen für Temperaturmessungen. Die statistischen und die "Pass/fail"-Math-Operationen lassen die Operanden unverändert und speichern lediglich Informationen darüber ab. Nachfolgend wird gezeigt, wie mathematische Operationen aktiviert oder deaktiviert werden. Außerdem werden die einzelnen Math-Operationen ausführlich beschrieben.

### Echtzeit vs. Post-Processing

Die Math-Operationen können in Echtzeit auf aktuelle Messwerte oder nachträglich (im Post-Processing-Betrieb) auf gespeicherte Messwerte angewandt werden. Wenn eine Echtzeit-Math-Operation aktiv ist, wird diese sofort nach jeder Messung auf den aktuellen Messwert angewandt. Das Ergebnis der Operation kann in den Messwertspeicher geschrieben oder über den GPIB ausgegeben werden. Wenn eine Post-Processing-Math-Operation aktiv ist, wird diese auf jeden Messwert angewandt, sobald dieser aus dem Messwertspeicher ausgelesen oder in das Display oder den GPIB-Ausgangspuffer kopiert wird (dies gilt nicht für STAT und PFAIL). (Die im Messwertspeicher enthaltenen Messwerte werden durch Post-Processing-Math-Operationen nicht verändert.) Die Post-Processing-Math-Operationen STAT und PFAIL werden sofort nach Ausführung des Befehls MMATH auf die im Messwertspeicher enthaltenen Messwerte angewandt. Die Ergebnisse der statistischen Operationen werden in die Statistik-Register abgespeichert. Wenn die "Pass/fail"-Operation das Ergebnis "Fail" liefert (Messwert außerhalb der spezifizierten Grenzen), wird das Statusregister-Bit 1 gesetzt und im Display die Meldung FAILED HIGH oder FAILED LOW angezeigt, je nachdem, ob der obere Grenzwert überschritten oder der untere Grenzwert unterschritten wurde.

## Aktivieren von Math-Operationen

Zum Aktivieren einer Math-Operation senden Sie den Befehl MATH (für Echtzeit-Ausführung) oder MMATH (für Post-Processing), gefolgt von dem gewünschten Operationsparameter (DB, DBM, FILTER, NULL, PERC, PFAIL, RMS, SCALE, STAT oder einen der Parameter für Temperaturmessungen; siehe unter "Temperaturmessungen" weiter unten in diesem Kapitel). Nach dem Aktivieren einer Math-Operation bleibt diese so lange aktiv, bis sie deaktiviert wird, oder bis das Multimeter aus- und wieder eingeschaltet wird, ein RESET durchgeführt oder einer der PRESET-Befehle ausgeführt wird. Um beispielsweise die NULL-Operation zu aktivieren, senden Sie den folgenden Befehl:

```
OUTPUT 722; "MATH NULL" !Echtzeit-NULL-Operation aktivieren  
oder  
OUTPUT 722; "MMATH NULL" !Post-Processing-NULL-Operation aktivieren
```

Es können maximal zwei Math-Operationen gleichzeitig aktiv sein. Die Operationen werden nacheinander in der im Befehl spezifizierten Reihenfolge ausgeführt. Um beispielsweise die NULL- und SCALE-Operation zu aktivieren, senden Sie den folgenden Befehl:

```
OUTPUT 722;"MATH NULL, SCALE" !Echtzeit-NULL- und SCALE-Operationen aktivieren  
oder  
OUTPUT 722;"MMATH NULL, SCALE" !Post-Processing-NULL- und SCALE-Operationen aktivieren
```

Mit dem folgenden Befehl können Sie alle aktiven Math-Operationen gleichzeitig deaktivieren:

```
OUTPUT 722;"MATH OFF" !Alle Echtzeit-Math-Operationen deaktivieren  
oder  
OUTPUT 722;"MMATH OFF" !Alle Post-Processing-Math-Operationen deaktivieren
```

Bei Bedarf können Sie die mit dem Befehl MATH OFF oder MMATH OFF deaktivierte(n) Math-Operation(en) später wieder reaktivieren. Mit dem folgenden Befehl können Sie eine einzelne Math-Operation reaktivieren (falls zuvor zwei Operationen aktiv waren, wird nur die erste der beiden Operationen reaktiviert):

```
OUTPUT 722;"MATH CONT" !Einzelne Echtzeit-Math-Operation reaktivieren  
oder  
OUTPUT 722;"MMATH CONT" !Einzelne Post-Processing-Math-Operation reaktivieren
```

Mit dem folgenden Befehl können Sie alle zuvor aktiven Math-Operationen gleichzeitig reaktivieren:

```
OUTPUT 722;"MATH CONT,CONT" !Zwei Echtzeit-Math-Operationen reaktivieren  
oder  
OUTPUT 722;"MMATH CONT,CONT" !Zwei Post-Processing-Math-Operationen reaktivieren
```

## Math-Register

**Tabelle 4-4** zeigt die von den Echtzeit- oder Post-Processing-Math-Operationen verwendeten Register.

**Tabelle 4-4** Math-Register

| Registername | Registerinhalt  |
|--------------|---|
| DEGREE       | Zeitkonstante für FILTER- und RMS-Operationen   |
| LOWER        | Kleinster Messwert in STATS   |
| MAX          | Oberer Grenzwert für PFAIL-Operation  |
| MEAN         | Mittelwert der Messwerte in STATS   |
| MIN          | Unterer Grenzwert für PFAIL-Operation   |
| NSAMP        | Anzahl der Messwerte in STATS   |
| OFFSET       | Subtrahend für NULL- und SCALE-Operationen  |
| PERC         | Prozentwert für PERC-Operation  |
| REF          | Referenzwert für DB-Operation   |
| RES          | Referenzimpedanz für DBM-Operation  |
| SCALE        | Divisor für SCALE-Operation   |
| SDEV         | Standardabweichung in STATS   |
| UPPER        | Größter Messwert in STATS   |
| PFAILNUM     | Anzahl der Messwerte, bei denen die PFAIL-Operation das Ergebnis PASS lieferte, bevor erstmals das Ergebnis FAIL auftrat. |

Mit dem Befehl SMATH können Sie einen beliebigen Wert in ein beliebiges Math-Register (außer SDEV) schreiben. Beispiel: Der folgende Befehl schreibt den Wert 22 in das DEGREE-Register:

```
OUTPUT 722;"SMATH DEGREE,22"
```

Mit dem Befehl RMATH können Sie den Inhalt eines beliebigen Math-Registers abfragen. Beispiel: Der folgende Befehl fragt den im RES-Register gespeicherten Wert ab und zeigt ihn an:

```
10 OUTPUT 722;"RMATH RES"
20 ENTER 722;A
30 PRINT A
40 END
```

## NULL

Die NULL-Operation subtrahiert von jedem Messwert (nach dem ersten Messwert) den spezifizierten Offset-Wert. Es wird folgender Algorithmus angewandt:

**Ergebnis = Messwert - OFFSET**

Wobei:

OFFSET der im OFFSET-Register gespeicherte Wert ist (typischerweise ist dies der erste Messwert); "Messwert" ein beliebiger Messwert nach dem ersten Messwert ist.

Nach dem Aktivieren der NULL-Operation wird der nächstfolgende Messwert (Echtzeit) bzw. der erste aus dem Messwertspeicher ausgelesene Messwert (Post-Processing) in das OFFSET-Register abgespeichert. Dieser Wert wird anschließend von allen nachfolgenden Messwerten subtrahiert. Mit dem Befehl SMATH können Sie statt des ersten Messwertes einen von Ihnen spezifizierten Wert in das OFFSET-Register schreiben. Damit müssen Sie jedoch warten, bis die erste Messung ausgeführt wurde (Echtzeit) bzw. bis der erste Messwert aus dem Messwertspeicher abgerufen wurde (Post-Processing).

Die NULL-Operation kann beispielsweise dazu verwendet werden, die Genauigkeit von 2-Draht-Widerstandsmessungen zu verbessern. Wählen Sie hierzu die 2-Draht-Widerstandsmessfunktion (Befehl OHM) und schließen Sie die Enden der Messleitungen miteinander kurz. Aktivieren Sie anschließend die NULL-Operation. Der erste Messwert (in diesem Fall der Messleitungswiderstand) wird in das OFFSET-Register abgespeichert. Schließen Sie die Messleitungen an den zu messenden Widerstand an. Das Multimeter subtrahiert so lange den im OFFSET-Register enthaltenen Wert von allen nachfolgenden Messwerten, bis die

NULL-Operation deaktiviert wird. Dieses Verfahren ist weniger genau als eine 4-Draht-Widerstandsmessung, weil sich der Messleitungswiderstand beim Anschließen an das Messobjekt gegenüber dem direkten Kurzschluss geringfügig verändern kann. Zudem wird der Messleitungswiderstand nur ein einziges Mal (vor Beginn der eigentlichen Messungen) ermittelt; etwaige Änderungen dieses Widerstands werden bei den nachfolgenden Messungen nicht berücksichtigt.

Das folgende Programm wendet die Echtzeit-NUL-Operation auf 20 Messwerte an. Nach Ausführung des Befehls NULL wird die erste Messung durch Zeile 50 getriggert. Der Wert im OFFSET-Register wird anschließend auf 3.05 abgeändert. Die 20 Messwerte werden durch die Programmzeile 90 getriggert; von allen diesen Messwerten wird der Wert 3.05 subtrahiert.

```

10 OPTION BASE 1           !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 DIM Rdgs(20)           !Dimensionierung eines Arrays für 20 Messwerte
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM" !PRESET, Einzelmessung, AUTO, Messfunktion DCV,
35                           !Bereich 10 V
40 OUTPUT 722;"MATH NULL"  !Echtzeit-Null-Math-Operation aktivieren
50 OUTPUT 722;"TRIG SGL"   !Eine Messung triggern, gespeichert in Offset
60 OUTPUT 722;"SMATH OFFSET,3.05"!Den Wert 3.05 in das Offset-Register schreiben
70 OUTPUT 722;"NRDGS 20"    !20 Messungen pro Trigger
80 OUTPUT 722;"TRIG SYN"   !Triggerereignis SYN
90 ENTER 722;Rdgs(*)       !SYN-Ereignis, nullpunkt-korrigierte Messwerte
95                           !ein-lesen
100 PRINT Rdgs(*)          !Nullpunkt-korrigierte Messwerte ausdrucken
110 END

```

Das folgende Programm wendet die Post-Processing-NUL-Operation auf 20 Messwerte an. Nach Ausführung des Befehls MMATH NULL werden 21 Messwerte erfasst und im Messwertspeicher abgelegt; der Messwertspeicher ist als FIFO-Speicher konfiguriert. In Zeile 80 wird der erste, im OFFSET-Register gespeicherte Messwert abgerufen. Der Wert im OFFSET-Register wird anschließend auf 3.05 abgeändert. Dann werden die übrigen 20 Messwerte aus dem Messwertspeicher abgerufen, und es wird auf jeden dieser Messwerte die NULL-Operation angewandt.

```

10 OPTION BASE 1           !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 DIM Rdgs(20)           !Dimensionierung eines Arrays für 20 Messwerte
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM" !PRESET, Einzelmessung, AUTO, Messfunktion DCV,
35                           !Bereich 10 V
40 OUTPUT 722;"MEM FIFO"   !Messwertspeicher aktivieren, FIFO-Modus
50 OUTPUT 722;"MMATH NULL" !Post-Processing-Null-Operation aktivieren
60 OUTPUT 722;"NRDGS 21"    !21 Messungen pro Trigger
70 OUTPUT 722;"TRIG SGL"   !Messungen triggern

```

```

80  ENTER 722;A          !Den ersten Messwert mittels impliziertem Lesen ein-
85                           !lesen
90  OUTPUT 722;"SMATH OFFSET,3.05"!Den Wert 3.05 in das Offset-Register schreiben
100 ENTER 722;Rdgs(*)    !Messwerte mittels impliziertem Lesen einlesen
105                           !Null-Operation auf den jeweiligen Messwert anwenden
110 PRINT Rdgs(*)        !Nullpunktkorrigierte Messwerte ausdrucken
120 END

```

## SCALE

Die SCALE-Operation subtrahiert von jedem Messwert einen spezifizierten Offsetwert und dividiert ihn durch einen spezifizierten Skalierungsfaktor. Es wird folgender Algorithmus angewandt:

Ergebnis = (Messwert – OFFSET)/SCALE

Wobei:

"Messwert" ein beliebiger Messwert ist;  
 OFFSET der im OFFSET-Register gespeicherte Wert ist (Standardwert = 0;  
 beachten Sie, dass – anders als bei der NULL-Operation – der erste Messwert  
 nicht als OFFSET-Wert abgespeichert wird);  
 SCALE der im SCALE-Register gespeicherte Wert (Standardwert = 1) ist.

Beachten Sie, dass die Standardwerte den Messwert, auf den die Operation  
 angewandt wird, unverändert lassen (es wird 0 subtrahiert und durch 1 dividiert).  
 Mit dem Befehl SMATH können Sie die Werte im OFFSET- und/oder  
 SCALE-Register ändern.

Das folgende Programm verwendet die Echtzeit-SCALE-Operation dazu,  
 20 Messwerte jeweils durch 2 zu dividieren. Das OFFSET-Register wird auf dem  
 Standardwert 0 belassen, sodass vor der Division keine Subtraktion erfolgt.

```

10 OPTION BASE 1          !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 DIM Rdgs(20)           !Dimensionierung eines Arrays für 20 Messwerte
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM" !PRESET, Einzelmessung, AUTO, Messfunktion DCV,
35                           !Bereich 10 V, Triggerereignis SYN
40 OUTPUT 722;"NRDGS 20"   !20 Messungen pro Trigger
50 OUTPUT 722;"MATH SCALE" !Echtzeit-Skalierungsoperation aktivieren
60 OUTPUT 722;"SMATH SCALE 2" !Den Wert 2 in das Skalierungsregister schrei-
65                           !ben
70 ENTER 722;Rdgs(*)      !SYN-Ereignis, skalierte Messwerte einlesen
80 PRINT Rdgs(*)          !Skalierte Messwerte ausdrucken
90 END

```

Das folgende Programm verwendet die Post-Processing-SCALA-Operation dazu, von sämtlichen Messwerten den Wert 1 zu subtrahieren und das Ergebnis durch 2 zu dividieren.

```

10 OPTION BASE 1           !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 DIM Rdgs(20)          !Dimensionierung eines Arrays für 20 Messwerte
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM" !PRESET, Einzelmessung, AUTO, Messfunktion DCV,
35                           !Bereich 10 V, Triggerereignis SYN
40 OUTPUT 722;"MEM FIFO"   !Messwertspeicher aktivieren, FIFO-Modus
50 OUTPUT 722;"NRDGS 20"    !20 Messungen pro Trigger
60 OUTPUT 722;"MMATH SCALE" !Post-Processing-Skalierungsoperation aktivie
65                           !ren
70 OUTPUT 722;"SMATH OFFSET 1" !Den Wert 1 in das Offset-Register schreiben
80 OUTPUT 722;"SMATH SCALE 2" !Den Wert 2 in das Skalierungsregister schrei
85                           !ben
90 OUTPUT 722;"TRIG SGL"     !Messungen triggern
100 ENTER 722;Rdgs(*)!    !Messwerte mittels impliziertem Lesen einlesen
105                           !Skalierungsoperation auf den jeweiligen
110                           !Messwert anwenden
120 PRINT Rdgs(*)          !Ergebnisse der Math-Operation ausdrucken
130 END

```

## PERC(ent)

Die PERC-Operation berechnet die prozentuale Differenz zwischen dem jeweiligen Messwert und dem Wert im PERC-Register. Es wird folgender Algorithmus angewandt:

$$\text{Ergebnis} = ((\text{Messwert} - \text{PERC})/\text{PERC}) \cdot 100$$

Wobei:

"Messwert" ein beliebiger Messwert ist;

PERC der im PERC-Register gespeicherte Wert (Standardwert = 1) ist.

Sie können die PERC-Operation dazu verwenden, die prozentuale Differenz zwischen dem gemessenen Wert und einem idealen Wert zu bestimmen. Das folgende Programmbeispiel bestimmt die prozentuale Abweichung einer gemessenen Gleichspannung vom Sollwert 10 VDC. In Zeile 60 wird der Sollwert (10) in das PERC-Register geschrieben. In Zeile 70 werden 20 Messwerte getriggert. Falls ein Messwert exakt 10 VDC beträgt, liefert die Operation das Ergebnis 0. Falls ein Messwert, beispielsweise, 10.1 VDC beträgt, liefert die Operation:

$$\text{Ergebnis} = ((10.1 - 10)/10) \cdot 100 = 0.01 \cdot 100 = 1$$

```

10 OPTION BASE 1           !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 DIM Perc(20)          !Dimensionierung eines Arrays für 20 Prozent
25                         !werte
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM" !PRESET, Einzelmessung, AUTO, Messfunktion DCV,
35                         !Bereich 10 V, Triggerereignis SYN
40 OUTPUT 722;"NRDGS 20"   !20 Messungen pro Trigger
50 OUTPUT 722;"MATH PERC" !Echtzeit-PERC-Operation aktivieren
60 OUTPUT 722;"SMATH PERC 10" !Den Wert 10 in das PERC-Register schreiben
70 ENTER 722;Perc(*)      !SYN-Ereignis, prozentuelle Differenz einlesen
80 PRINT Perc(*)          !Prozentuale Differenz ausdrucken
90 END

```

Das folgende Programm unterscheidet sich von dem obigen dadurch, dass es die Post-Processing-PERC-Operation verwendet.

```

10 OPTION BASE 1           !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 DIM Perc(20)          !Dimensionierung eines Arrays für 20 Prozent
25                         !werte
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM" !PRESET, Einzelmessung, AUTO, Messfunktion DCV,
35                         !Bereich 10 V, Triggerereignis SYN
40 OUTPUT 722;"MEM FIFO"   !Messwertspeicher aktivieren, FIFO-Modus
50 OUTPUT 722;"NRDGS 20"   !20 Messungen pro Trigger
60 OUTPUT 722;"MMATH PERC" !Post-Processing-PERC-Operation aktivieren
70 OUTPUT 722;"SMATH PERC 10" !Den Wert 10 in das PERC-Register schreiben
80 OUTPUT 722;"TRIG SGL"    !Messungen triggern
90 ENTER 722;Perc(*)      !Messwerte mittels impliziertem Lesen einlesen
95                         !PERC-Operation anwenden
100 PRINT Perc(*)         !Prozentuale Differenz ausdrucken
110 END

```

## DB

Die DB-Operation berechnet das Verhältnis zweier Werte, ausgedrückt in Dezibel. Es wird folgender Algorithmus angewandt:

$$\text{Ergebnis} = 20 \cdot \log_{10}(\text{Messwert}/\text{REF})$$

Wobei:

"Messwert" ein beliebiger Messwert ist;  
REF der im REF-Register gespeicherte Wert (Standardwert = 1) ist.

Mit dem Befehl SMATH können Sie den Inhalt des REF-Registers ändern.

Das folgende Programm verwendet die Echtzeit-DB-Operation dazu, die Spannungsverstärkung eines Verstärkers zu bestimmen. In Zeile 40 wird der Verstärker-Eingangsspannungswert (0.1 V) in das REF-Register abgespeichert. Die Verstärker-Ausgangsspannung wird gemessen, danach wird der Verstärkungsfaktor berechnet.

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| 10 OUTPUT 722;"PRESET NORM"   | !PRESET, Einzelmessung, AUTO, Messfunktion DCV, |
| 15                            | !Bereich 10 V, Triggerereignis SYN              |
| 20 OUTPUT 722;"ACV"           | !Wechselspannungsmessung, automatische          |
| 25                            | !Bereichswahl                                   |
| 30 OUTPUT 722;"SETACV ANA"    | !Analoges ACV-Messverfahren                     |
| 40 OUTPUT 722;"SMATH REF 0.1" | !Den Wert 0.1 in das REF-Register schreiben     |
| 50 OUTPUT 722;"MATH DB"       | !Echtzeit-DB-Operation aktivieren               |
| 60 ENTER 722;A                | !SYN-Ereignis, DB-Werte einlesen                |
| 70 PRINT A                    | !DB-Wert ausdrucken                             |
| 80 END                        |   |

Wenn die Eingangsspannung beispielsweise 0.1 V beträgt und die Ausgangsspannung 10 V, berechnet sich die Verstärkung zu:

$$20 \cdot \log_{10}(10/0.1) = 20 \cdot \log_{10}100 = 40 \text{ dB}$$

Das folgende Programm unterscheidet sich von dem obigen dadurch, dass es die Post-Processing-DB-Operation verwendet.

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| 10 OUTPUT 722;"PRESET NORM"   | !PRESET, Einzelmessung, AUTO, Messfunktion DCV, |
| 15                            | !Bereich 10 V, Triggerereignis SYN              |
| 20 OUTPUT 722;"ACV"           | !Wechselspannungsmessung, automatische          |
| 25                            | !Bereichswahl                                   |
| 30 OUTPUT 722;"SETACV ANA"    | !Analoges ACV-Messverfahren                     |
| 40 OUTPUT 722;"MEM FIFO"      | !Messwertspeicher aktivieren, FIFO-Modus        |
| 50 OUTPUT 722;"SMATH REF 0.1" | !Den Wert 0.1 in das REF-Register schreiben     |
| 60 OUTPUT 722;"MMATH DB"      | !Post-Processing-DB-Operation aktivieren        |
| 70 OUTPUT 722;"TRIG SGL"      | !Messung triggern                               |
| 80 ENTER 722;A                | !Messwert mittels impliziertem Lesen einlesen   |
| 85                            | !DB-Operation anwenden                          |
| 90 PRINT A                    | !DB-Wert ausdrucken                             |
| 100 END                       |   |

## DBM

Die DBM-Operation berechnet die auf den Referenzwert 1 mW bezogene Leistung, die von der gemessenen Spannung an dem spezifizierten Widerstand hervorgerufen wird. Es wird folgender Algorithmus angewandt:

$$\text{Ergebnis} = 10 \cdot \log_{10}(\text{Messwert}^2 / \text{RES}/1 \text{ mW})$$

Wobei

"Messwert" ein beliebiger Messwert ist;

RES der im RES-Register gespeicherte Wert (Standardwert = 50) ist.

Mit dem Befehl SMATH können Sie den Inhalt des RES-Registers ändern.

Das folgende Programm verwendet die Echtzeit-DBM-Operation dazu, die Eingangsleistung eines Lautsprechers zu bestimmen. In Zeile 40 wird die Impedanz des Lautsprechers (in diesem Fall  $8 \Omega$ ) in das RES-Register abgespeichert. Danach wird die am Lautsprecher anliegende Spannung gemessen und darauf die DBM-Operation angewandt.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET NORM"      !PRESET, Einzelmessung, AUTO, Messfunktion DCV,
15                                !Bereich 10 V, Triggerereignis SYN
20 OUTPUT 722;"ACV"              !Wechselspannungsmessung, automatische
25                                !Bereichswahl
30 OUTPUT 722;"SETACV ANA"       !Analoges ACV-Messverfahren
40 OUTPUT 722;"SMATH RES 8"      !Den Wert 8 in das RES-Register schreiben
50 OUTPUT 722;"MATH DBM"         !Echtzeit-DBM-Operation aktivieren
60 ENTER 722;A                  !SYN-Ereignis, DBM-Werte einlesen
70 PRINT A                        !DBM-Wert ausdrucken
80 END

```

Wenn die Eingangsspannung beispielsweise 10 V beträgt, berechnet sich die Leistung zu:

$$10 \cdot \log_{10}(10^2 / 8 / 1 \text{ mW}) = 40.97 \text{ dBm}$$

Das folgende Programm unterscheidet sich von dem obigen dadurch, dass es die Post-Processing-DBM-Operation verwendet.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET NORM"      !PRESET, Einzelmessung, AUTO, Messfunktion DCV,
15                                !Bereich 10 V, Triggerereignis SYN
20 OUTPUT 722;"ACV"              !Wechselspannungsmessung, automatische
25                                !Bereichswahl
30 OUTPUT 722;"SETACV ANA"       !Analoges ACV-Messverfahren
40 OUTPUT 722;"MEM FIFO"        !Messwertspeicher aktivieren, FIFO-Modus

```

```

50 OUTPUT 722;"SMATH RES 8"      !Den Wert 8 in das RES-Register schreiben
60 OUTPUT 722;"MMATH DBM"        !Post-Processing-DBM-Operation aktivieren
70 OUTPUT 722;"TRIG SGL"         !Messung triggern
80 ENTER 722;A                  !Messwert mittels impliziertem Lesen einlesen
85                               !DBM-Operation anwenden
90 PRINT A                      !DBM-Wert ausdrucken
100 END

```

## Statistik-Operationen

Die STAT-Operation führt fünf Berechnungen an einer Gruppe von Messwerten aus und speichert deren Ergebnisse in fünf Math-Registern. Dies sind die Berechnungen: Standardabweichung, Mittelwert, Anzahl der Messwerte, größter Messwert und kleinster Messwert. **Tabelle 4-5** zeigt die STAT-Register und deren Inhalte. Mit dem Befehl RMATH können Sie den Inhalt eines beliebigen STAT-Registers abfragen.

**Tabelle 4-5** STAT-Register

| Register | Gespeichertes Ergebnis   |
|----------|--|
| SDEV     | Standardabweichung   |
| MEAN     | Mittelwert der Messwerte                                       |
| NSAMP    | Anzahl der Messwerte in der betreffenden Gruppe von Messwerten |
| UPPER    | Größter Messwert in der betreffenden Gruppe von Messwerten     |
| LOWER    | Kleinster Messwert in der betreffenden Gruppe von Messwerten   |

Das folgende Programm verwendet die STAT-Operation dazu, fünf Berechnungen an 20 Gleichspannungsmesswerten vorzunehmen. Nach Ausführung der Messungen und Übertragung der Messwerte zum Steuercomputer wird die Standardabweichung abgefragt und angezeigt.

```

10 OPTION BASE 1                  !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 DIM Rdgs(20)                  !Dimensionierung eines Arrays für 20 Mess-
25                               !werte
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM"      !PRESET, Einzelmessung, AUTO, Messfunktion
35                               !DCV, Bereich 10 V, Triggerereignis SYN
40 OUTPUT 722;"NRDGS 20"         !20 Messungen pro Trigger
50 OUTPUT 722;"MATH STAT"        !Echtzeit-STAT-Operation aktivieren
60 ENTER 722 Rdgs(*)            !SYN-Ereignis, Messungen einlesen

```

```

70 OUTPUT 722;"RMATH SDEV"      !Standardabweichung abfragen
80 ENTER 722;S                 !Standardabweichung einlesen
90 PRINT S                      !Standardabweichung ausdrucken
100 END

```

Das folgende Programm wendet die Post-Processing-STAT-Operation auf 20 gespeicherte Messwerte an. Die Post-Processing-STAT-Operation ist eine Stapel-(Batch-) Operation. Das bedeutet, dass die Messwerte zur Durchführung der STAT-Operation nicht aus dem Messwertspeicher abgerufen werden müssen. Beachten Sie außerdem, dass die Messwerte vor dem Aktivieren der Post-Processing-STAT-Operation abgespeichert werden müssen (falls dies nicht geschieht, erfolgt die Fehlermeldung MEMORY ERROR).

```

10 OUTPUT 722;"PRESET NORM"    !PRESET, Einzelmessung, AUTO, Messfunktion
15                                         !DCV, Bereich 10 V, Triggerereignis SYN
20 OUTPUT 722;"MEM FIFO"        !Messwertspeicher aktivieren, FIFO-Modus
30 OUTPUT 722;"NRDGs 20"       !20 Messungen pro Trigger
40 OUTPUT 722;"TRIG SGL"      !Messungen triggern
50 OUTPUT 722;"MMATH STAT"    !Post-Processing-STAT-Operation anwenden
60 OUTPUT 722;"RMATH SDEV"    !Standardabweichung abfragen
70 ENTER 722;S                 !Standardabweichung einlesen
80 PRINT S                      !Standardabweichung ausdrucken
90 END

```

## PFAIL (Pass/Fail)

Die PFAIL-Operation vergleicht jeden einzelnen Messwert mit den in den Registern MAX und MIN gespeicherten Grenzwerten. Wenn ein Grenzwert über- oder unterschritten wird, wird das "Hi/low"-Statusregister-Bit gesetzt. Zusätzlich wird die Anzahl der vorangegangenen Messwerte, bei denen die-Operation das Ergebnis PASS lieferte, in das PFAILNUM-Register geschrieben. Der Standardwert für das MAX-Register und das MIN-Register ist 0. Mit dem Befehl SMATH können Sie den Inhalt dieser-Register ändern.

Das folgende Programm verwendet die Echtzeit-PFAIL-Operation dazu, 20 Gleichspannungsmesswerte mit den Grenzwerten 11 V (HI) und 9 V (LO) zu vergleichen. Nach Triggerung der Messungen wird das Statusregister-Bit HI/LO LIMIT (Bit 2) geprüft. Falls ein oder mehrere Fehler aufgetreten sind, wird das PFAILNUM-Register abgefragt sein Inhalt angezeigt.

```

10 OPTION BASE 1                !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 DIM Rdgs(20)                 !Dimensionierung eines Arrays für 20 Messwerte
30 OUTPUT 722; "PRESET NORM"    !PRESET, Einzelmessung, AUTO, Messfunktion DCV,
35                                         !Bereich 10 V, Triggerereignis SYN

```

```

40 OUTPUT 722;"MATH PFAIL"          !Echtzeit-PFAIL-Operation aktivieren
50 OUTPUT 722;"SMATH MIN 9"        !Unterer Grenzwert = 9 (V)
60 OUTPUT 722;"SMATH MAX 11"       !Oberer Grenzwert = 11 (V)
70 OUTPUT 722;"CSB"                !Statusregister zurücksetzen
80 OUTPUT 722;"RQS 2"              !"HI/LO"-Statusregisterbit aktivieren
90 OUTPUT 722;"NRDGS 20"           !20 Messungen/Trigger
100 ENTER 722;Rdgs(*)             !SYN-Ereignis, Messungen einlesen
110 OUTPUT 722; "STB?"             !Gesetzte Statusregisterbits abfragen
120 ENTER 722;A                   !Abfrageantwort einlesen
130 IF BINAND(A,2) THEN           !Falls Bit 2 gesetzt ist:
140 PRINT "HI/LOW LIMIT TEST FEHLGESCHLAGEN"!Fehlermeldung ausdrucken
150 OUTPUT 722; "RMATH PFAILNUM"   !PFAILNUM-Register abfragen
160 ENTER 722;B                   !Abfrageantwort einlesen
170 PRINT "ANZAHL DER INNERHALB DER GRENZEN LIEGENDEN MESSWERTE VOR DEM ERSTEN
175                               !AUSSER-HALB LIEGENDEN = ";B
180                               !PFAILNUM-Abfrageantwort ausdrucken
190 ELSE                          !Falls Bit 2 nicht gesetzt ist:
200 PRINT "HI/LOW LIMIT TEST BESTANDEN"!Meldung 'Test bestanden' ausdrucken
210 END IF
220 END

```

Das folgende Programm unterscheidet sich von dem obigen dadurch, dass es die Post-Processing-PFAIL-Operation auf 20 im Messwertspeicher gespeicherte Messwerte anwendet. Die Post-Processing-PFAIL-Operation ist eine Stapel-(Batch-) Operation. Das bedeutet, dass die Messwerte zur Durchführung der PFAIL-Operation nicht aus dem Messwertspeicher abgerufen werden müssen. Beachten Sie außerdem, dass die Messwerte vor dem Aktivieren der Post-Processing-PFAIL-Operation abgespeichert werden müssen (falls dies nicht geschieht, erfolgt die Fehlermeldung MEMORY ERROR).

```

10 OUTPUT 722;"PRESET NORM"        !PRESET, Einzelmessung, AUTO, Messfunktion DCV,
15                               !Bereich 10 V, Triggerereignis SYN
20 OUTPUT 722;"MEM FIFO"          !Messwertspeicher aktivieren, FIFO-Modus
30 OUTPUT 722;"SMATH MIN 9"        !Unterer Grenzwert = 9 (V)
40 OUTPUT 722;"SMATH MAX 11"       !Oberer Grenzwert = 11 (V)
50 OUTPUT 722;"CSB"                !Statusregister zurücksetzen
60 OUTPUT 722;"RQS 2"              !"HI/LO"-Statusregisterbit aktivieren
70 OUTPUT 722;"NRDGS 20"           !20 Messungen/Trigger
80 OUTPUT 722;"TRIG SGL"           !Messungen triggern
90 OUTPUT 722;"MMATH PFAIL"        !Post-Processing-PFAIL-Operation anwenden
100 OUTPUT 722;"STB?";            !Gesetzte Statusregisterbits abfragen
110 ENTER 722; A                  !Abfrageantwort einlesen
120 IF BINAND(A,2) THEN           !Falls Bit 2 gesetzt ist:
130 PRINT "Hi/LOW LIMIT TEST FEHLGESCHLAGEN"      !Fehlermeldung ausdrucken

```

```

140 OUTPUT 722;"RMATH PFAILNUM" !PFAILNUM-Register abfragen
150 ENTER 722; B           !Abfrageantwort einlesen
160 PRINT "ANZAHL DER INNERHALB DER GRENZEN LIEGENDEN MESSWERTE VOR DEM ERSTEN
165 AUSSERHALB LIEGENDEN = ";B !PFAILNUM-Abfrageantwort ausdrucken
170 ELSE                   !Falls Bit 2 nicht gesetzt ist:
180 PRINT "HI/LOW LIMIT TEST PASSED"!Meldung 'Test bestanden' ausdrucken
190 END IF
200 END

```

## FILTER

Die FILTER-Operation simuliert den Frequenzgang eines RC-Tiefpassfilters erster Ordnung. Das Filter reduziert rauschbedingte, kurzzeitige Messwertschwankungen; langsame Signaländerungen bleiben auch bei aktivem Filter erkennbar. Es wird folgender Algorithmus angewandt:

Ergebnis = (Voriges Ergebnis)×(DEGREE-1)/DEGREE + Messwert/  
DEGREE

Wobei

"Voriges Ergebnis" anfänglich gleich den ersten Messwert ist und danach gleich dem jeweils letzten Ergebnis der FILTER-Operation gesetzt wird;  
"Messwert" ein beliebiger Messwert ist;  
DEGREE die Sprungantwort des Filters spezifiziert.

Der DEGREE-Wert entspricht der Sprungantwort des Tiefpassfilters. Wenn Sie für DEGREE beispielsweise den Wert 20 spezifizieren, erreicht der Filter-Ausgangswert nach 20 Messwerten 63% seines endgültigen Wertes. Je größer Sie den DEGREE-Wert wählen, desto "träger" reagiert das Filter, und desto stärker ist seine rauschunterdrückende Wirkung. Die Zeitkonstante ( $R \times C$ ) des Filters lässt sich nach folgender Gleichung bestimmen:

$$t = \frac{1}{f_s} \left[ \frac{1}{\ln \frac{DEGREE}{DEGREE-1}} - 1 \right]$$

Wobei

$t$  = Zeitkonstante ( $R \times C$ )

$f_s$  = Abtastrate; diese ist gleich dem Kehrwert des Timer-Intervalls (bei Verwendung der Befehle TIMER und NRDGS) bzw. gleich dem Kehrwert des effektiven Intervalls (bei Verwendung des Befehls SWEEP). Falls Sie nicht den

Befehl TIMER oder SWEEP verwenden, siehe unter "Bestimmen der Messrate" weiter oben in diesem Kapitel.

Falls DEGREE größer als 10 ist, lässt sich der ungefähre Wert von (RxC) nach folgender Näherungsgleichung bestimmen:

$$t \approx (1/f_s) \times \text{DEGREE}$$

Beispiel: Die erstgenannte Gleichung liefert bei einer Messrate von 200 Hz und einem DEGREE-Wert von 20 die Zeitkonstante:

$$t = \frac{1}{200} \left[ \frac{1}{\ln \frac{20}{20-1}} - 1 \right] = 0.092 \text{ s}$$

Die Näherungsgleichung liefert für die gleiche Messrate und den gleichen DEGREE-Wert die Zeitkonstante:

$$t \approx (1/200) \times 20 = 0,1 \text{ s}$$

## RMS

Die RMS-Operation kann dazu verwendet werden, den Effektivwert eines mit einer Gleichspannung überlagerten niederfrequenten Signals zu berechnen, das in der Betriebsart DCV, DSAC oder DSDC erfasst wird.

### HINWEIS

Bei repetitiven AC-Signalen ab einer Frequenz von 1 Hz kann statt der RMS-Math-Operation auch das "Synchronous-Sampling"-AC-Messverfahren verwendet werden. Bei Frequenzen ab 10 Hz kann das analoge AC-Messverfahren verwendet werden. Bei Frequenzen ab 20 Hz kann das "Random-Sampling"-Messverfahren verwendet werden. Den Effektivwert der AC-Komponente eines sinusförmigen Signals können Sie bestimmen, indem Sie das Signal digitalisieren (Befehl DCV, DSAC oder DSDC) und die STATS-Math-Operation aktivieren. Nach einer gewissen Anzahl von Messungen entspricht der Wert im SDEV-Register dem Effektivwert der AC-Komponente des Eingangssignals.

Die RMS-Operation verwendet folgenden Algorithmus:

$$\text{Ergebnis} = \sqrt{\frac{\text{VorigesErgebnis}^2 \cdot (\text{DEGREE} - 1)}{\text{DEGREE} + \frac{\text{Messwert}^2}{\text{DEGREE}}}}$$

Wobei

"Voriges Ergebnis" anfänglich gleich den ersten Messwert ist und danach gleich dem jeweils letzten Ergebnis der FILTER-Operation gesetzt wird;

"Messwert" der zuletzt erfasste Messwert ist;

DEGREE die Sprungantwort des Filters spezifiziert.

## Temperaturmessungen

Die Math-Operationen für Temperaturmessungen konvertieren den gemessenen Widerstandswert eines Thermistors oder PTC-Widerstands (RTD) in einen Temperaturwert (Fahrenheit oder Celsius). **Tabelle 4-6** beschreibt diese Operationen. Die Widerstandsmessung kann nach dem 2-Draht-Verfahren (Befehl OHM) oder 4-Draht-Verfahren (Befehl OHMF) erfolgen. Die größtmögliche Genauigkeit erzielen Sie mit dem 4-Draht-Messverfahren. Die Faktoren, welche die Genauigkeit einer typischen Widerstandsmessung beeinflussen, beeinflussen auch die Genauigkeit von Temperaturmessungen (siehe "Widerstandsmessung" und "Kalibrierung" in Kapitel 3).

**Tabelle 4-6** Math-Operationen für Temperaturmessungen

| MATH-Operation | Beschreibung   |
|----------------|--|
| CTHRM2K        | Ergebnis = Temperatur (Celsius) eines 2 kΩ-Thermistors (40653A)  |
| CTHRM          | Ergebnis = Temperatur (Celsius) eines 5 kΩ-Thermistors (40653B)  |
| CTHRM10K       | Ergebnis = Temperatur (Celsius) eines 10 kΩ-Thermistors (40653C)   |
| FTHRM2K        | Ergebnis = Temperatur (Fahrenheit) eines 2 kΩ-Thermistors (40653A)   |
| FTHRM          | Ergebnis = Temperatur (Fahrenheit) eines 5 kΩ-Thermistors (40653B)   |
| FTHRM10K       | Ergebnis = Temperatur (Fahrenheit) eines 10 kΩ-Thermistors (40653C)  |
| CRTD85         | Ergebnis = Temperatur (Celsius) eines 100 Ω -PTC-Widerstands mit einem Alpha-Wert von 0,00385 (40654A oder 406548) |
| CRTD92         | Ergebnis = Temperatur (Celsius) eines 100 Ω -PTC-Widerstands mit einem Alpha-Wert von 0,003916                     |

**Tabelle 4-6** Math-Operationen für Temperaturmessungen (Fortsetzung)

| MATH-Operation | Beschreibung   |
|----------------|--|
| FRTD85         | Ergebnis = Temperatur (Fahrenheit) eines 100 $\Omega$ -PTC-Widerstands mit einem Alpha-Wert von 0,00385 (40654A oder 40654B) |
| FRTD92         | Ergebnis = Temperatur (Fahrenheit) eines 100 $\Omega$ -PTC-Widerstands mit einem Alpha-Wert von 0,003916                     |

Das folgende Programmbeispiel führt eine Temperaturmessung unter Verwendung eines 10 k $\Omega$ -Thermistors aus und liefert die Temperatur in Grad Celsius.

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| 10 OUTPUT 722;"PRESET NORM"   | !PRESET, Messfolge wird unterbrochen               |
| 20 OUTPUT 722;"OHMF 10E3"     | !4-Draht-Widerstandsmessung, Bereich 10 k $\Omega$ |
| 30 OUTPUT 722;"MATH CTHRM10K" | !Celsius-Konvertierung, 10k $\Omega$ -Thermistor   |
| 40 OUTPUT 722;"TRIG SGL"      | !Messung triggern                                  |
| 50 ENTER 722;A                | !Ergebnis einlesen                                 |
| 60 PRINT A                    | !Ergebnis ausdrucken                               |
| 70 END                        |  |

# 5 Digitalisierung

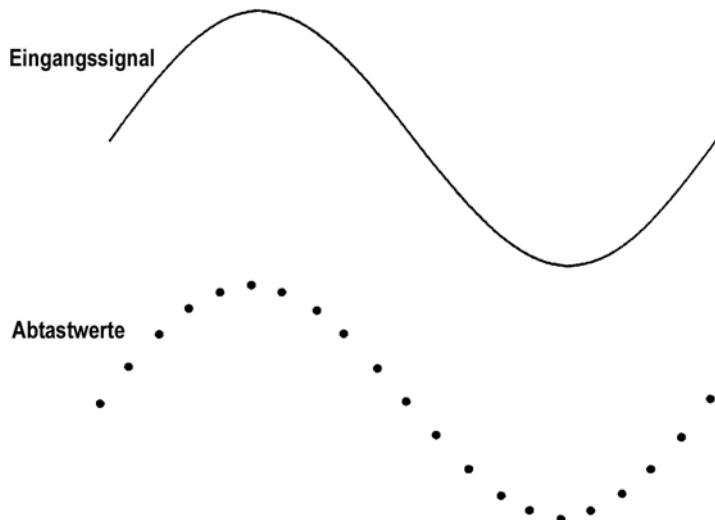
|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| Einführung                           | 220 |
| Digitalisierungsverfahren            | 221 |
| Abtastrate                           | 223 |
| Pegeltriggerung                      | 225 |
| DCV Digitalisierung                  | 229 |
| "Direct-Sampling"                    | 234 |
| "Sub-Sampling"                       | 238 |
| Darstellung von Sampling-Signaldaten | 248 |

## Einführung

Digitalisierung ist der Prozess der Umsetzung eines kontinuierlichen analogen Signals in eine Folge von diskreten Abtastwerten (Samples), die jeweils eine momentane Signalamplitude in digitaler Darstellung repräsentieren. **Abbildung 5-1** zeigt das Ergebnis der Digitalisierung eines Sinussignals. In diesem Kapitel werden die verschiedenen Methoden zur Digitalisierung von Signalen erörtert. Es wird die Bedeutung der Abtastrate untersucht und gezeigt, wie die Pegeltriggerung angewandt wird.

### HINWEIS

Ergänzend zu den Informationen in diesem Kapitel finden Sie in **Anhang D** die "Product Note" 3458A-2. Darin werden die Trigger- und Zeitbasisfehler diskutiert, welche die Digitalisiergenauigkeit beeinflussen.



**Abbildung 5-1** Digitalisiertes Sinussignal

## Digitalisierungsverfahren

Das Multimeter kann Signale auf dreierlei Weise digitalisieren: durch Gleichspannungsmessung, "Direct-Sampling" "Sub-Sampling". **Tabelle 5-1** fasst die Charakteristiken der einzelnen Digitalisierungsverfahren zusammen.

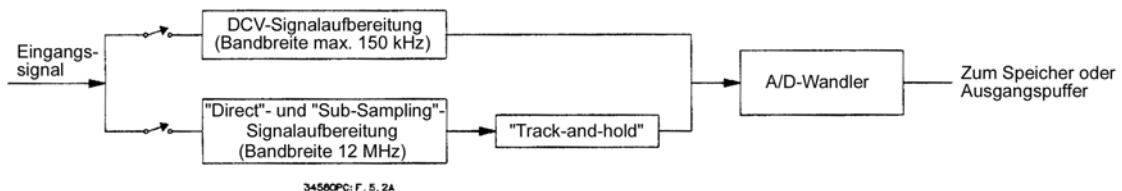
**Abbildung 5-2** zeigt ein vereinfachtes Blockschaltbild der Multimeter-Signalpfade für die verschiedenen Verfahren. **Abbildung 5-3** zeigt die erforderliche Verkabelung für alle Digitalisierungsverfahren (bei Verwendung der vorderseitigen Messanschlüsse).

**Tabelle 5-1** Digitalisierungsverfahren

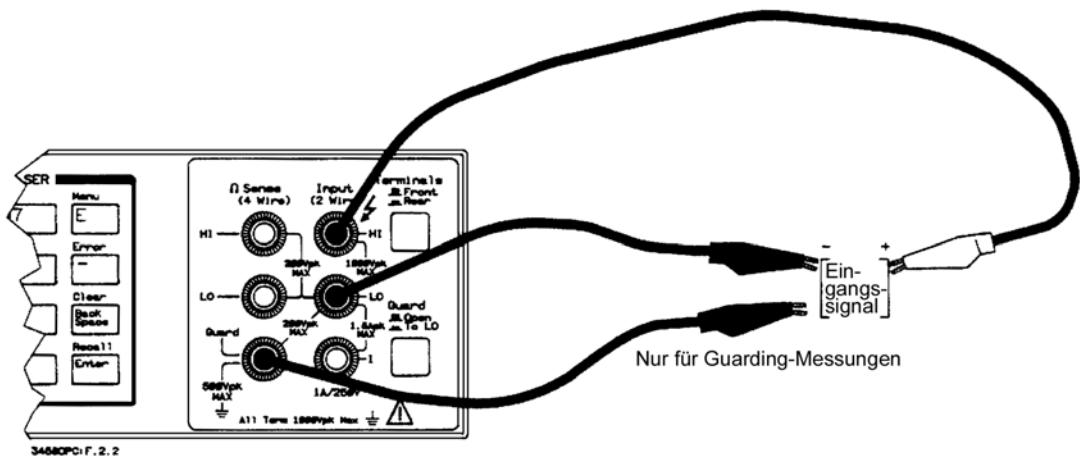
| Digitalisierungsverfahren | Maximale Abtastrate    | Bandbreite                  | Repetitives Signal erforderlich |
|---------------------------|------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| DCV                       | 100 k/s                | DC - 150 kHz <sup>[a]</sup> | Nein                            |
| "Direct-Sampling"         | 50 k/s                 | DC - 12 MHz                 | Nein                            |
| "Sub-Sampling"            | 100 M/s <sup>[b]</sup> | DC - 12 MHz                 | Ja                              |

[a] Vom Bereich abhängig. Einzelheiten siehe Spezifikationen in Anhang A.

[b] Effektive Abtastrate (Einzelheiten siehe unter "Sub-Sampling" weiter unten in diesem Kapitel).



**Abbildung 5-2** Verkabelung für Digitalisierung



**Abbildung 5-3** Verkabelung für Digitalisierung

In den meisten Digitalisierungsanwendungen schaltet das Multimeter vor Beginn der Signalerfassung automatisch in den "High-Speed"-Modus. Im "High-Speed"-Modus sind sämtliche Multimeter-Ressourcen für die Signalabtastung reserviert. Das bedeutet, dass das Multimeter keine weiteren Befehle ausführt, solange nicht die spezifizierte Anzahl von Messwerten erfasst wurde. Wenn im "High-Speed"-Modus die Messwerte direkt zum Ausgangspuffer gesendet werden, wird der aktuelle Messwert erst dann in den Ausgangspuffer geschrieben, wenn der vorige Messwert vom Steuercomputer aus dem Puffer ausgelesen wurde. Dies gewährleistet, dass keine Messwerte verloren gehen, weil der Bus oder der Steuercomputer eventuell zu langsam ist. (Wenn das Multimeter nicht im "High-Speed"-Modus betrieben wird, wird der im Ausgangspuffer enthaltene Messwert überschrieben, sobald ein neuer Messwert verfügbar ist). Weitere Informationen hierzu siehe unter "**"High-Speed"-Modus**" in Kapitel 4.

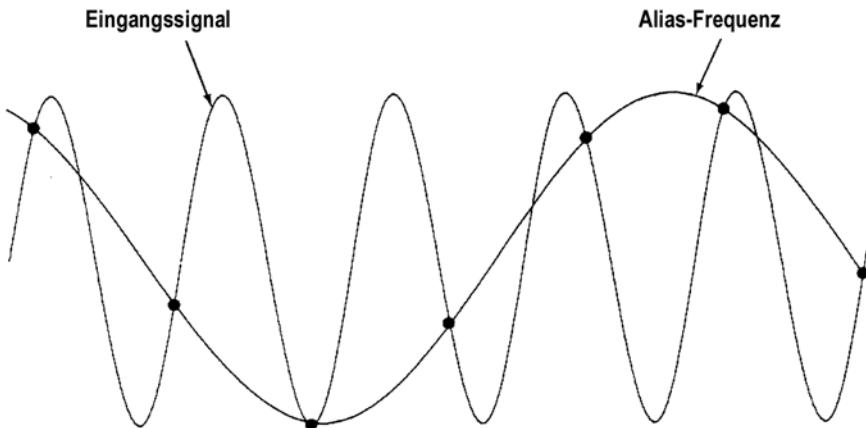
## Abtastrate

Das Nyquist- oder Abtasttheorem besagt folgendes:

Ein kontinuierliches, bandbreitenbegrenztes Signal, das keine Frequenzkomponenten oberhalb der Frequenz  $F$  enthält, lässt sich verzerrungsfrei (aliasing-frei) aus den diskreten Abtastwerten rekonstruieren, wenn die Abtastrate mehr als  $2F$  Samples pro Sekunde beträgt.

In der Praxis muss die Abtastrate des Multimeters *mindestens* das Zweifache der höchsten Frequenzkomponente des zu messenden Signals betragen. Die Abtastrate ist der Kehrwert des mit dem Befehl TIMER spezifizierten Zeitintervalls oder des mit dem Befehl SWEEP spezifizierten effektiven Intervalls. Beispiel: Angenommen, für das *effektive Intervall* wurde der Wert  $20 \mu\text{s}$  spezifiziert. Dann beträgt die Abtastrate  $1/20 \mu\text{s} = 50.000$  Samples pro Sekunde.

**Abbildung 5-4** zeigt ein Sinussignal, das mit einer Abtastrate von etwas weniger als  $2F$  abgetastet wird. In diesem Fall erhält man bei der Signalrekonstruktion ein *Alias-Signal* mit einer völlig anderen Frequenz als der ursprünglichen.

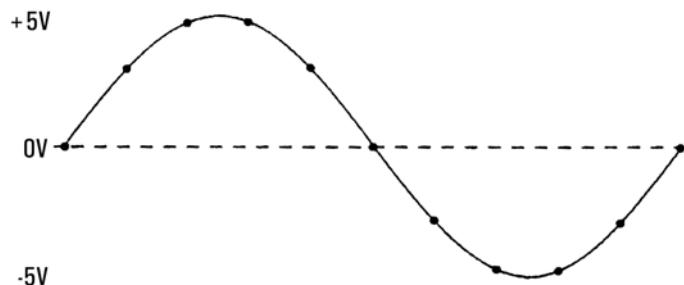


**Abbildung 5-4** Aliasing infolge von Unterabtastung

Einige Digitizer enthalten ein steilflankiges Anti-Aliasing-Tiefpassfilter, das Frequenzen oberhalb der halben Abtastrate unterdrückt. Dieses Filter begrenzt die Bandbreite auf einen Wert, bei dem kein Aliasing auftreten kann. Das Multimeter enthält aus zwei Gründen kein solches Filter: Erstens bietet es eine variable Abtastrate für DCV-Digitalisierung, weshalb die Verwendung eines Filters mit fester Grenzfrequenz nicht sinnvoll wäre. Zweitens würde ein solches Filter die Bandbreite für Hochfrequenzmessungen reduzieren, was in vielen Fällen unerwünscht wäre. Falls in Ihrer Anwendung Aliasing-Effekte zu befürchten sind, sollten Sie ein externes Anti-Aliasing-Filter verwenden.

## Pegeltriggerung

Bei der Digitalisierung ist es wichtig, dass die Signalabtastung an einem definierten Punkt des Eingangssignals beginnt – beispielsweise beim Nulldurchgang oder beim Erreichen des Mittelwertes zwischen dem positiven und dem negativen Spitzenwert. Dies können Sie mit Hilfe einer entsprechend konfigurierten Pegeltriggerung erreichen. Die Pegeltriggerfunktion ermöglicht es Ihnen, die Spannung und die Signalflanke zu spezifizieren, bei der die Abtastung beginnt. Im Beispiel von [Abbildung 5-5](#) beginnt die Abtastung beim Nulldurchgang in positiver Richtung



**Abbildung 5-5** Pegeltriggerung beim Nulldurchgang, positive Flanke

## Beispiele für Triggering

Bei DCV-Messungen in der Betriebsart "Direct-Sampling" kann Pegeltriggerung als Triggerereignis (Befehl TRIG LEVEL) oder Abtastereignis (Befehl NRDGS n, LEVEL) verwendet werden. In der Betriebsart "Sub-Sampling" kann Pegeltriggerung nur als "Sync Source"-Ereignis verwendet werden (das "Sync Source"-Ereignis wird weiter unten unter "[""Sub-Sampling""](#) erläutert). Die Programmbeispiele in diesem Abschnitt verwenden das Digitalisierungsverfahren DCV und den Bereich 10 V. Vollständige Programme mit Informationen über die Verwendung der Pegeltriggerung in Verbindung mit den verschiedenen Digitalisierungsverfahren siehe unter "[DCV Digitalisierung](#)", "["Direct-Sampling"](#)" und "["Sub-Sampling"](#)" weiter unten in diesem Kapitel.

Der Befehl LEVEL spezifiziert die Triggerspannung in Prozent des Messbereichs. (Die Bereiche sind weiter unten in den Abschnitten über die einzelnen Digitalisierungsverfahren aufgelistet.) Der Befehl LEVEL spezifiziert außerdem die Eingangskopplung (AC oder DC) der Pegeldetektors.

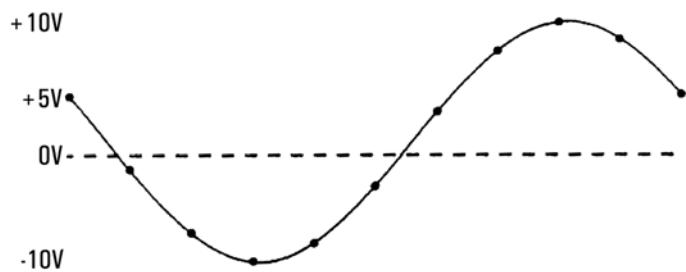
**HINWEIS**

Die Messeingang-Kopplung kann die Pegeltrigger-Kopplung beeinflussen: Wenn Sie (beispielsweise mit dem Befehl DSAC oder SSAC) die Messeingang-Kopplung "AC" wählen, wird auch das Pegeltriggersignal automatisch AC-gekoppelt – unabhängig davon, welche Pegeltrigger-Eingangskopplung spezifiziert wurde. Nur bei DC-gekoppeltem Messeingang (bsw. DCV, DSDC, SSDC), können Sie die Pegeltrigger-Kopplung mit dem Befehl LEVEL steuern. Die Pegeltrigger-Kopplung hat keinen Einfluss auf die Messeingang-Kopplung.

Der Befehl SLOPE spezifiziert die Triggerflanke (positiv oder negativ). Einschalt-Zustand- und Standardwerte für die Befehle zur Steuerung der Pegeltriggerung sind: Triggerpegel 0% des aktuellen Bereichs (= Triggerung auf Nulldurchgang), positive Triggerflanke und Triggerkopplung AC. Daher können Sie im Einschalt-Zustand die in [Abbildung 5-6](#) gezeigte Triggerbedingung wählen, indem Sie einfach nur das Triggerereignis LEVEL spezifizieren (Befehl TRIG LEVEL).

Das folgende Programm bewirkt, dass das Multimeter triggert, sobald das Eingangssignal (AC-gekoppelt) auf seiner negativen Flanke den Wert +5 V (50% des Bereichs 10 V) erreicht. [Abbildung 5-6](#) zeigt das Ergebnis für ein Eingangssignal mit einem Spitzenwert von 10 V, erfasst im Bereich 10 V.

```
10 OUTPUT 722;"PRESET DIG"           !DCV-Digitalisierung, Bereich 10 V
20 OUTPUT 722;"TRIG LEVEL"          !Triggerereignis LEVEL
30 OUTPUT 722;"SLOPE NEG"           !Triggerung auf negative Signalflanke
40 OUTPUT 722;"LEVEL 50, AC"        !Pegeltriggerung bei 50% des Bereichs 10 V
45                                         !AC-Kopplung
50 END
```



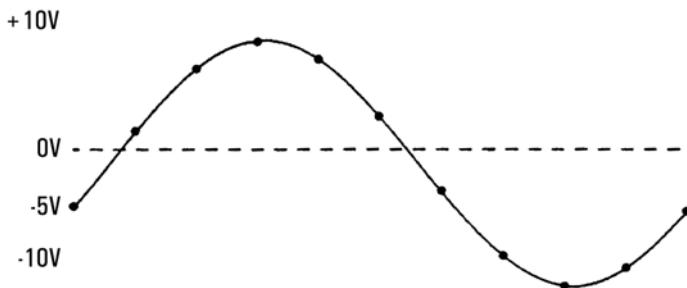
**Abbildung 5-6** Pegeltriggerung, 50%, negative Flanke, AC-Kopplung

Das folgende Programm bewirkt, dass das Multimeter triggert, sobald das Eingangssignal (AC-gekoppelt) auf seiner positiven Flanke den Wert  $-5\text{ V}$  ( $-50\%$  des Bereichs  $10\text{ V}$ ) erreicht. **Abbildung 5-7** zeigt das Ergebnis für ein Eingangssignal mit einem Spitzenwert von  $\pm 10\text{ V}$ , erfasst im Bereich  $10\text{ V}$ .

```

10 OUTPUT 722;"PRESET DIG"           !DCV-Digitalisierung, Bereich 10 V
20 OUTPUT 722;"TRIG LEVEL"          !Triggerereignis LEVEL
30 OUTPUT 722;"SLOPE POS"           !Triggerung auf positive Signalflanke
40 OUTPUT 722;"LEVEL -50,AC"        !Pegeltriggerung bei -50% des Bereichs 10 V
45                                         !(= -5 V) AC-Kopplung
50 END

```



**Abbildung 5-7** Pegeltriggerung, -50%, positive Flanke, AC-Kopplung

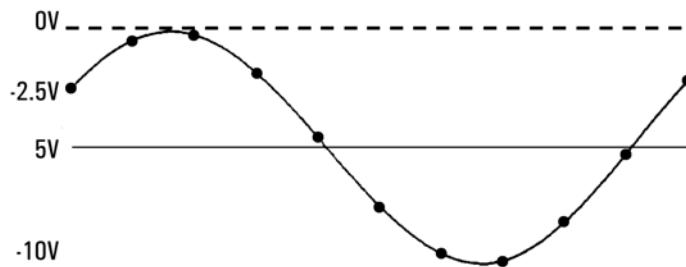
Durch das folgende Programm wird der Triggerdetektor DC-gekoppelt. Es wird ein von einer Gleichspannung ( $-5\text{ V}$ ) überlagertes Wechselspannungssignal ( $5\text{ V}$

Spitze) digitalisiert. In diesem Fall wird ein negativer Prozentsatz (-25%) des Bereichs als Triggerpegel spezifiziert; die Triggerung erfolgt bei -2.5 V auf die positive Flanke. **Abbildung 5-8** zeigt das Ergebnis.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET DIG"           !DCV-Digitalisierung, Bereich 10 V
20 OUTPUT 722;"TRIG LEVEL"          !Triggerereignis LEVEL
30 OUTPUT 722;"SLOPE POS"           !Triggerung auf positive Signalflanke
40 OUTPUT 722;"LEVEL - 25, DC"      !Pegeltriggerung bei -25% des Bereichs 10 V
45                                         !DC-gekoppelt
50 END

```



**Abbildung 5-8** Pegeltriggerung, -25%, positive Flanke, DC-Kopplung

### Pegelfilter

Bei aktiver Pegelfilterfunktion ist dem Eingang des Triggerdetektors ein Tiefpassfilter erster Ordnung vorgeschaltet. Das Filter hat eine -3-dB-Grenzfrequenz von 75 kHz und verhindert Fehltriggerung durch hochfrequente Eingangssignalkomponenten. Der folgende Befehl aktiviert das Pegelfilter:

```
OUTPUT 722; "LFILTER ON"
```

### HINWEIS

Die Pegelfilterfunktion kann auch dazu verwendet werden, bei Frequenz- oder Periodenmessungen oder synchronen ACV/ACDCV-Messungen (SETACV SYNC) die Empfindlichkeit des Multimeters gegenüber hochfrequenten Störeinstreuungen zu reduzieren.

## DCV Digitalisierung

Sie können ein Signal digitalisieren, indem Sie das Multimeter einfach für Gleichspannungsmessungen mit kurzer Integrationszeit und kurzem Sampling-Intervall ("kurz" relativ zur Frequenz des zu digitalisierenden Signals) konfigurieren. Eine solche Messung kann als Digitalisierung aufgefasst werden, obwohl die Track-and-hold-Schaltung des Multimeters dabei unbenutzt bleibt. Die Vorteile dieser "DCV-Digitalisierung" gegenüber dem (weiter unten beschriebenen) "Direct-Sampling" sind: geringeres Rauschen, höhere Auflösung (bis zu 28 bits) und eine höhere maximale Abtastrate (100.000 Messungen pro Sekunde, im Vergleich zu 50.000 beim "Direct-Sampling"). Die Nachteile der DCV-Digitalisierung sind: stärkere Trigger-Jitter (siehe „[Anhang A: Spezifikationen](#)“ auf Seite 459) und geringere Eingangsbandbreite (150 kHz im Vergleich zu 12 MHz beim "Direct-Sampling" oder "Sub-Sampling"); außerdem ist keine AC-Kopplung des Eingangssignals möglich. Da die "Track-and-hold"-Schaltung bei der DCV-Digitalisierung umgangen wird, sind die einzelnen Samples wesentlich "breiter" (mindestens 500 ns, im Vergleich zu 2 ns beim "Direct-Sampling" oder "Sub-Sampling").

Der Befehl PRESET DIG konfiguriert das Multimeter für Gleichspannungsmessungen mit einer Abtastrate von 50.000 Messungen pro Sekunde, einer Integrationszeit von 3 µs und Pegeltriggerung auf den Nulldurchgang der positiven Eingangssignalflanke. PRESET DIG beinhaltet die folgenden Einzelbefehle:

|                 |   |
|-----------------|---|
| TARM HOLD       | -- Triggerung anhalten                                    |
| TRIG LEVEL      | -- Triggerereignis LEVEL                                  |
| LEVEL 0,AC      | -- Pegeltriggerung bei 0% des Bereichs (0 V), AC-Kopplung |
| TIMER 20E-6     | -- Sampling-Zeitintervall 20 µs                           |
| NRDGS 256,TIMER | -- 256 Messungen pro Trigger, Abtastereignis TIMER        |
| DCV 10          | -- Gleichspannungsmessungen, Bereich 10 V                 |
| DELAY 0         | -- Keine Verzögerung                                      |
| APER 3E-6       | -- Integrationszeit 3 µs                                  |
| MFORMAT SINT    | -- Speicherformat "Single integer"                        |
| OFORMAT SINT    | -- Ausgabeformat "Single integer"                         |
| AZERO OFF       | -- "Autozero"-Funktion aus                                |
| DISP OFF        | -- "Autozero"-Funktion aus                                |

Nach Ausführung des Befehls PRESET DIG können Sie die Abtastrate erhöhen, indem Sie mit dem Befehl TIMER das Sampling-Intervall und mit dem Befehl APER die Integrationszeit verringern. Die Mindest-Integrationszeit für DCV beträgt 500 ns.

### Anmerkungen zur DCV-Digitalisierung

- Für DCV-Digitalisierung mit Integrationszeiten  $\leq 1.4 \mu\text{s}$  sollten Sie SINT als Speicher- und Ausgabeformat verwenden. Bei Integrationszeiten  $>1.4 \mu\text{s}$  sollten Sie DINT als Speicher- und Ausgabeformat verwenden. (Diese Formate sind in [Kapitel 4](#) ausführlich beschrieben.)

#### HINWEIS

Bei Integrationszeiten bis zu  $10.8 \mu\text{s}$  können Sie zur Maximierung der Geschwindigkeit der Messwertübertragung zum Messwertspeicher und/oder Steuercomputer das Speicher-/Ausgabeformat SINT verwenden. Bei Integrationszeiten  $>1.4 \mu\text{s}$  liefert der A/D-Wandler jedoch mehr Auflösungsbits, als das SINT-Format unterstützt; in diesem Fall werden die niedrigstwertigen Bits abgeschnitten. Wenn Sie das Ausgabe-/Speicherformat SINT bei Integrationszeiten  $>10.8 \mu\text{s}$  verwenden, muss das Multimeter die vom A/D-Wandler gelieferten Daten konvertieren und deshalb den "High-Speed"-Modus beenden. Bei Integrationszeiten  $>10.8 \mu\text{s}$  sollten Sie das Speicher-/Ausgabeformat DINT verwenden. (Dieses Format ist mit dem "High-Speed"-Modus kompatibel)

- 
- Das Abtastereignis TIMER deaktiviert, ebenso wie der Befehl SWEEP, die "Autorange"-Funktion. Sie können den mit dem Befehl PRESET DIG gewählten Bereich (10 V) verwenden oder den gewünschten Bereich mit dem ersten Parameter (*max\_Eingangswert*) des Befehls DCV oder RANGE spezifizieren. Die zulässigen Wert für *max\_Eingangswert* und die dadurch spezifizierten Bereiche sind aus der nachfolgenden Tabelle ersichtlich:

| <b><i>max_Eingangswert</i></b> | <b>Entsprechender Bereich</b> | <b>Bereichsendwert</b> |
|--------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| 0 bis 0.12                     | 100 mV                        | 120 mV                 |
| >0.12 bis 1.2                  | 1 V                           | 1.2 V                  |
| >1.2 bis 12                    | 10 V                          | 12 V                   |

| <i>max_Eingangswert</i> | Entsprechender Bereich | Bereichsendwert |
|-------------------------|------------------------|-----------------|
| >12 bis 120             | 100 V                  | 120 V           |
| >120 bis 1E3            | 1000 V                 | 1050 V          |

- Die Triggerhierarchie des Multimeters (Triggerfreigabeereignis, Triggerereignis und Abtastereignis) gilt auch für DCV-Digitalisierung. Weitere Informationen über die Triggerhierarchie siehe [Kapitel 4](#). Für DCV-Digitalisierung können Sie wahlweise das Abtastereignis TIMER oder den Befehl NRDGS *n*,TIMER oder den Befehl SWEEP verwenden. Die Befehle NRDGS und SWEEP sind Alternativen zueinander; das Multimeter wendet den jeweils zuletzt empfangenen Befehl aus. (Bei Verwendung des Befehls SWEEP wird das Abtastereignis automatisch auf TIMER abgeändert.)
- Die Aperturzeit ist die Länge des Zeitintervalls, während dessen das Multimeter das Eingangssignal abtastet. In den Betriebsarten "Direct-Sampling" und "Sub-Sampling" wird die Aperturzeit von der internen "Track-and-hold"-Schaltung bestimmt; der Wert beträgt 2 ns und ist unveränderlich. Bei DCV-Digitalisierung ist die Aperturzeit gleich der Integrationszeit des A/D-Wandlers; diese kann im Bereich von 500 ns bis 1 s verändert werden. Während der Aperturzeit wird das Eingangssignal vom Multimeter gemittelt. Wenn sich das Eingangssignal während der Aperturzeit ändert, verursacht dies einen Amplitudenfehler. Aus [Tabelle 5-2](#) ist ersichtlich, bei welchen Eingangssignalfrequenzen – in Abhängigkeit von der Aperturzeit und der daraus resultierenden Anzahl der Auflösungsbits – der Amplitudenfehler 3 dB erreicht.

**Tabelle 5-2** Amplitudenfehler und Auflösung vs. Aperturzeit

| Aperturzeit | Anzahl der Auflösungsbits | Frequenz für 3 dB Fehler |
|-------------|---------------------------|--------------------------|
| 2 ns        | 16                        | 100 MHz                  |
| 500 ns      | 15                        | 400 kHz                  |
| 1 µs        | 16                        | 206 kHz                  |
| 3 µs        | 17                        | 69 kHz                   |
| 6 µs        | 18                        | 35 kHz                   |
| 100 µs      | 21                        | 2 kHz                    |

## Beispiel für DCV-Digitalisierung

Das folgende Programm erfasst 256 DCV-Messwerte mit einer Rate von 100.000 Messungen pro Sekunde und speichert sie im SINT-Format in den Messwertspeicher ab. Anschließend werden die Messwerte im SINT-Ausgabeformat zum Steuercomputer übertragen. Der Steuercomputer konvertiert die Messwerte aus dem SINT-Format in sein internes Format und speichert sie ab. Wenn Sie die Zeile 100 entfernen, werden die Messwerte direkt zum Steuercomputer übertragen, statt in den Messwertspeicher. In diesem Fall müssen jedoch der GPIB und der Steuercomputer in der Lage sein, Messwerte mit 200 KByte/s zu übertragen bzw. zu empfangen, weil sonst der Fehler TRIGGER TOO FAST auftritt. Weitere Informationen siehe unter "[Messwertübertragung über den GPIB](#)" weiter in [Kapitel 4](#).

```

10 OPTION BASE 1           !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 Num_samples=256         !Anzahl der Messungen spezifizieren
30 INTEGER Int_samp(1:256) BUFFER !Integer-Array für Puffer deklarieren
40 ALLOCATE REAL Samp(1:Num_samples)!Real-Array für Messwerte deklarieren
50 ASSIGN @Dvm TO 722       !Multimeteradresse zuweisen
60 ASSIGN @Int_samp TO BUFFER Int_samp(*)!Puffer-I/O-Pfadname zuweisen
70 OUTPUT @Dvm;"PRESET DIG"   !Triggerfreigabeereignis HOLD, Messfunktion
71 !DCV, Bereich 10 V, 256 Messungen pro Trigger pro Triggerereignis,
72 !Abastereignis TIMER, TIMER INTERVAL = 20µs, Triggerpegel (0%, AC-Kopplung),
73 !Integrationszeit 3µs, SINT-Formate
80 OUTPUT @Dvm;"TIMER 10E-6"    !Sampling-Intervall 10 µs
90 OUTPUT @Dvm;"APER 1.4E-6"    !Maximale Aperturzeit für 100 kHz Abtastrate
100 OUTPUT @Dvm;"MEM FIFO"     !Messwertspeicher aktivieren, FIFO-Modus
110 OUTPUT @Dvm; "TARM SYN"     !Triggerfreigabeereignis SYNCHRONOUS
120 TRANSFER @Dvm TO @Int_samp;WAIT !SYN-Ereignis, Messwerte zum Messwertspei-
121 !cher übertragen und dann in ein Integer-Array im Steuercomputer einlesen;
122 !da das Integer-Format des Computers exakt dem SINT-Format entspricht, ist
123 !keine Datenkonvertierung notwendig (es ist ein Integer-Array erforderlich)
130 OUTPUT @Dvm; "ISCALE?"      !Skalierungsfaktor für SINT-Format abfragen
140 ENTER @Dvm;S               !Skalierungsfaktor einlesen
150 FOR I=1 TO Num_samples
160 Samp(I)=Int_samp(I)        !Jeweils einen Integer-Messwert in das Real-
165 !Format umwandeln (ist zur Verhinderung eines etwaigen Integer-Überlaufs in
166 !der nächsten Zeile erforderlich)
170 R=ABS(Samp(I))            !Anhand des absoluten Wertes auf Bereichs
175                           !Über-schreitung überprüfen
180 IF R>=32767 THEN PRINT "OVLD" !Falls Bereichsüberschreitung, Meldung
185                           !anzeigen
190 Samp(I)=Samp(I)*S          !Messwert mit Skalierungsfaktor multipli-
195                           !zieren
200 Samp(I)=DROUND(Samp(I),4)  !Auf vier Stellen runden
210 NEXT I

```

220 END

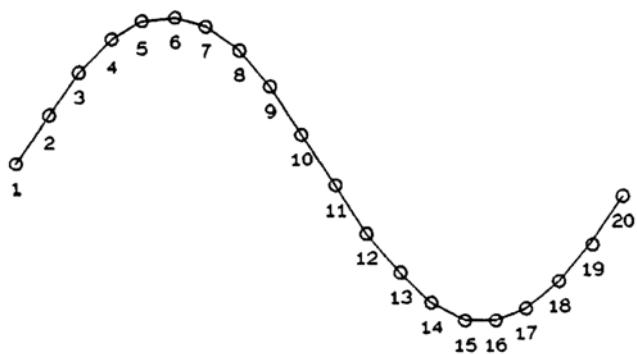
## "Direct-Sampling"

"Direct-Sampling" ähnelt insofern der DCV-Digitalisierung, als Messwerte kontinuierlich in konstanten, spezifizierten Zeitabständen erfasst werden. Der wesentliche Unterschied besteht darin, dass das "Direct-Sampling"-Verfahren die "Track-and-hold"-Schaltung des Multimeters benutzt und eine größere Eingangsbandbreite (12 MHz) bietet. Ein Vorteil des "Direct-Sampling"-Verfahrens gegenüber DCV-Digitalisierung ist der geringere Trigger-Jitter, nachteilig ist das stärkere Rauschen (siehe „[Anhang A: Spezifikationen](#)“ auf Seite 459).

Die "Track-and-hold"-Schaltung tastet das Eingangssignal annähernd punktförmig ab und "friert" den jeweils erfassten Amplitudenwert so lange "ein", bis er vom A/D-Wandler digitalisiert wurde. Dadurch reduziert sich die zeitliche "Breite" der Messwerte von 500 ns oder mehr (DCV-Digitalisierung) auf nur 2 ns ("Direct-Sampling"). Das "Direct-Sampling"-Verfahren eignet sich dadurch hervorragend zur Erfassung der Spitzenamplitude eines schmalen Impulses oder für ähnliche Anwendungen. Der Nachteil des "Direct-Sampling"-Verfahrens gegenüber DCV-Digitalisierung ist die geringere maximale Abtastrate (50.000 Messungen pro Sekunde im Vergleich zu 100.000).

Das "Direct-Sampling"-Verfahren wird mit dem Befehl DSAC oder DSDC spezifiziert. Der Befehl DSAC spezifiziert AC-Kopplung; das bedeutet, dass nur die AC-Komponente des Eingangssignals erfasst wird. Der Befehl DSDC spezifiziert DC-Kopplung; das bedeutet, dass die AC- und DC-Komponenten des Eingangssignals erfasst werden.

[Abbildung 5-9](#) zeigt eine Folge von 20 "Direct-Sampling"-Messungen an einem sinusförmigen Eingangssignal (die Zahlen deuten die Reihenfolge der Messungen an). Bei "Direct-Sampling"-Messungen beträgt der minimale Zeitabstand zwischen den Messungen (Sampling-Intervall) 20 µs.



**Abbildung 5-9 "Direct-Sampling"**

### Anmerkungen zum "Direct-Sampling"-Verfahren

- Bei "Direct-Sampling"-Messungen ist keine automatische Bereichswahl möglich; statt dessen müssen Sie den gewünschten Bereich als ersten Parameter (*max\_Eingangswert*) des Befehls DSAC oder DSDC spezifizieren. Die zulässigen Werte für *max\_Eingangswert* und die dadurch spezifizierten Bereiche sind aus der nachfolgenden Tabelle ersichtlich.

| <i>max_Eingangswert</i> | Entsprechender Bereich | Bereichsendwert |             |
|-------------------------|------------------------|-----------------|-------------|
|                         |                        | SINT-Format     | DINT-Format |
| 0 bis 0.012             | 10 mV                  | 12 mV           | 50 mV       |
| >0.012 bis 0.120        | 100 mV                 | 120 mV          | 500 mV      |
| >0.120 bis 1.2          | 1 V                    | 1.2 V           | 5.0 V       |
| >1.2 bis 12             | 10 V                   | 12 V            | 50 V        |
| >12 bis 120             | 100 V                  | 120 V           | 500 V       |
| >120 bis 1E3            | 1000 V                 | 1050 V          | 1050 V      |

Beachten Sie, dass beim DINT-Speicher-/Ausgabeformat die Bereichsendwerte für "Direct-Sampling" 500% (das Fünffache) der Bereiche 10 mV, 100 mV, 1 V, 10 V und 100 V betragen. Dies ist besonders wichtig beim Spezifizieren des Prozentsatzes für die Pegeltriggerung. Der Befehl LEVEL spezifiziert den Triggerpegel in Prozent des Messbereichs. Beispiel:  
Angenommen, das Eingangssignal hat eine Spitzenamplitude von 20 V und die Messung erfolgt im Bereich 10 V. Wenn das Multimeter 15 V triggern soll, müssen Sie einen Pegeltriggerung-Prozentsatz von 150% (Befehl LEVEL 150) spezifizieren. (Bei Signalfrequenzen >2 MHz und einer Amplitude von >120% des Bereichs kann die Slew-Rate des Messverstärkers überschritten werden; Signale mit einer Amplitude von ≤120% des Bereichs und Frequenzen bis zu 12 MHz verursachen keine Slew-Rate-bedingten Messfehler.)

- Die Triggerhierarchie des Multimeters (Triggerfreigabeereignis, Triggerereignis und Abtastereignis) gilt auch für "Direct-Sampling"-Messungen. Das bedeutet, dass nur dann Messwerte erfasst werden, wenn diese Ereignisse in der richtigen Reihenfolge eintreten. Weitere Informationen über die Triggerhierarchie siehe [Kapitel 4](#). Für "Direct-Sampling"-Messungen können Sie wahlweise das Abtastereignis TIMER und den Befehl NRDGS *n*,TIMER verwenden; oder den Befehl SWEEP (letzterer ist einfacher zu programmieren). Die Befehle NRDGS und SWEEP sind Alternativen zueinander; das Multimeter führt den jeweils zuletzt empfangenen Befehl aus. (Bei Verwendung des Befehls SWEEP wird das Abtastereignis automatisch auf TIMER abgeändert.)
- Bei "Direct-Sampling"-Messungen an einem Eingangssignal, das Frequenzkomponenten  $\geq 1$  MHz enthält, ist der erste Messwert eventuell aufgrund der Interpolator-Einschwingzeit fehlerhaft. Um sicherzustellen, dass auch der erste Messwert korrekt ist, sollten Sie vor dem ersten Messwert eine Verzögerung von 500 ns einfügen (Befehl DELAY 500E-9).

### Beispiel für eine "Direct-Sampling"-Messung

Das folgende Programm ist ein Beispiel für eine "Direct-Sampling"-Messung mit DC-Kopplung. Der Befehl SWEEP spezifiziert 200 Messwerte mit einem Sampling-Intervall von 30 µs. Die Pegeltriggerung erfolgt auf 250% des Bereichs 10 V (250% von 10 V = 25 V). Die Messwerte werden im DINT-Format in den Messwertspeicher geschrieben. Anschließend werden die Messwerte zum Steuercomputer übertragen und dort konvertiert und angezeigt. Wenn Sie die Zeile 110 entfernen, werden die Messwerte direkt zum Steuercomputer übertragen statt in den Messwertspeicher. In diesem Fall müssen jedoch der GPIB und der Steuercomputer in der Lage sein, Messwerte mit einer Rate von

mindestens 134 kByte/s zu übertragen bzw. einzulesen, da sonst der Fehler TRIGGER TOO FAST auftritt. Weitere Informationen siehe unter "Messwertübertragung über den GPIB" in Kapitel 4.

```

10 OPTION BASE 1           !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 INTEGER Num_samples,I,J,K   !Integer-Variablen deklarieren
30 Num_samples = 200          !200 Messwerte
35 ASSIGN @Dvm TO 722         !Multimeteradresse zuweisen
40 ASSIGN @Buffer TO BUFFER [4*Num_samples]!Steuercomputer-Puffer für Messwerte
45 !konfigurieren (4 Bytes/Messwert * 200 Messwerte = 800 Bytes)
50 ALLOCATE REAL Samp(1:Num_samples) !Real-Array für Messwerte deklarieren
60 OUTPUT @Dvm;"PRESET FAST"      !DINT-Formate, Triggerfreigabeereignis
65                               !SYN, Triggerereignis AUTO
70 OUTPUT @Dvm; "SWEEP 30E - 6,200" !30µs Sampling-Intervall, 200 Messungen
80 OUTPUT @Dvm; "DSDC 10"        !"Direct-Sampling", Bereich 10 V
90 OUTPUT @Dvm;"LEVEL 250, DC"   !Pegeltriggerung bei 250% des Bereichs
95                               !(25 V)
100 OUTPUT @Dvm;TRIG LEVEL"     !Triggerereignis LEVEL
110 OUTPUT @Dvm; "MEM FIFO"    !Messwertspeicher aktivieren, FIFO-Modus
120 TRANSFER @Dvm TO @Buffer;WAIT !Messwerte zum Steuercomputer übertragen
130 OUTPUT @Dvm; "ISCALE?"     !Skalierungsfaktor für DINT-Format
135                               !abfragen
140 ENTER @Dvm;S              !Skalierungsfaktor einlesen
150 FOR I=1 TO Num_samples
160 ENTER @Buffer USING "#,W,W";J,K   !Je ein 16-Bit-Zweierkomplement-Wort
161 !in die Variablen J und K einlesen (# = Befehlsabschluss ist nicht erforderlich W = Daten als 16-Bit-Zweierkomplement-Integer einlesen)
162 Samp(I)=(J*65536.+K+65536.* (K<0)) !Wert in Real-Format konvertieren
180 R=ABS(Samp(I))            !Anhand des absoluten Wertes auf
185 !Bereichs-überschreitung überprüfen
190 IF R>2147483647 THEN PRINT "OVLD" !Falls Bereichsüberschreitung, Meldung
195 !anzeigen
200 Samp(I)=Samp(I)*S          !Skalierungsfaktor anwenden
210 Samp(I)=DROUND(Samp(I),8)  !Konvertierten Messwert runden
220 PRINT Samp(I)             !Messwerte anzeigen
230 NEXT I
240 END

```

## "Sub-Sampling"

Bei "Sub-Sampling"-Messungen (dieses Verfahren wird auch als Unterabtastung oder "Sequential-Sampling" bezeichnet) erfasst das Multimeter in jeder Periode des Eingangssignals einen oder mehrere Messwerte. Der Beginn der Abtastung wird mit jeder Eingangssignalperiode um ein bestimmtes Zeitintervall verschoben. Wenn die Messung über hinreichend viele Eingangssignalperioden erfolgt und genügend Messwerte erfasst werden, lässt sich das ursprüngliche Signal aus den Messwerten rekonstruieren.

Der Vorteil des "Sub-Sampling"-Verfahrens besteht darin, dass das effektive Sampling-Intervall bis auf 10 ns reduziert werden kann. Zum Vergleich: Bei DCV-Digitalisierung beträgt das Mindest-Sampling-Intervall 10 µs, bei "Direct-Sampling" 20 µs. Das "Sub-Sampling"-Verfahren eignet sich dadurch zur Digitalisierung von Signalen mit Frequenzkomponenten bis zu 12 MHz (dies ist die Bandbreite des "Sub-Sampling"-Signalpfads). Für "Sub-Sampling"-Messungen wird die "Track-and-hold"-Schaltung (Aperturzeit 2 ns) verwendet. Ein Vorteil des "Sub-Sampling"-Verfahrens gegenüber DCV-Digitalisierung ist der geringere Trigger-Jitter (siehe „[Anhang A: Spezifikationen](#)“ auf Seite 459). Andererseits hat das "Sub-Sampling"-Verfahren den Nachteil, dass es nur auf periodische (repetitive) Eingangssignale anwendbar ist und keine Echtzeitmessungen erlaubt.

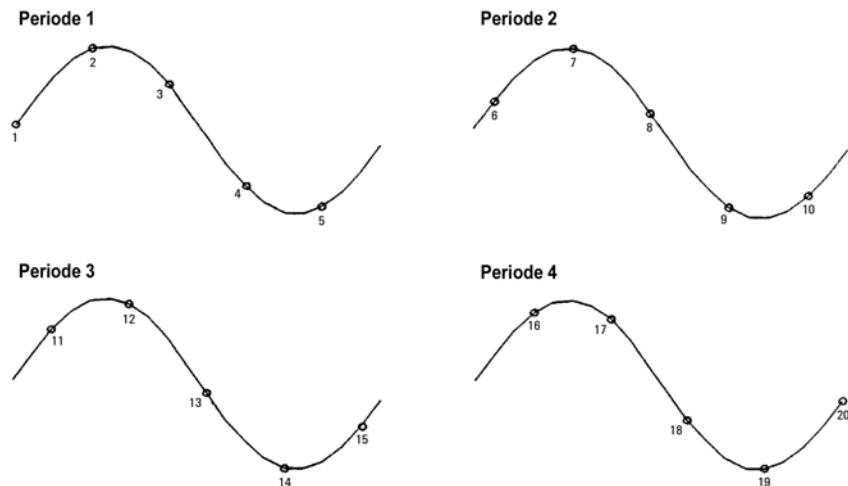
Das "Sub-Sampling"-Verfahren wird mit dem Befehl SSAC oder SSDC spezifiziert. Der Befehl SSAC spezifiziert "Sub-Sampling" mit AC-Kopplung; das bedeutet, dass nur die AC-Komponente des Eingangssignals erfasst wird. Der Befehl SSDC spezifiziert "Sub-Sampling" mit DC-Kopplung; das bedeutet, dass die AC- und DC-Komponenten des Eingangssignals erfasst werden.

### Grundlagen des "Sub-Sampling"-Verfahrens

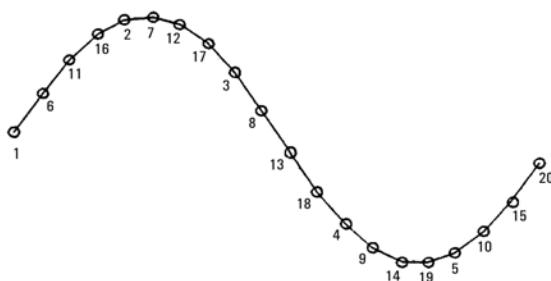
Beim "Sub-Sampling" können die Messwerte in dem zusammengesetzten Signal (das aus den über zahlreiche Perioden des ursprünglichen Eingangssignals erfassten Messwerten rekonstruiert wird) sehr nahe beieinander liegen. Das bedeutet, dass das "Sampling-Intervall" des zusammengesetzten Signals (das *effektive\_Interval*) wesentlich kleiner sein kann (und dadurch die effektive Abtastrate wesentlich höher) als bei DCV-Digitalisierung oder beim "Direct-Sampling". Beispiel: Angenommen, Sie möchten ein repetitives 10 kHz-Eingangssignal mit einem *effektiven\_Abtastintervall* von 5 µs digitalisieren. Dies entspricht einer Abtastrate 1/5E-6 oder 200.000 Messungen

pro Sekunde. (Für diese Anwendung wäre DCV-Digitalisierung oder "Direct-Sampling" ungeeignet, weil diese Verfahren nur Abtastraten bis maximal 100.000 bzw. 50.000 Messungen pro Sekunde erlauben.) **Abbildung 5-10** zeigt, wie dieses Problem durch "Sub-Sampling" gelöst werden kann. Für `effektives_Abtastintervall` wurde 5 µs spezifiziert; die Anzahl der Messungen beträgt 20. Das `effektive_Abtastintervall` und die Gesamtzahl der Messwerte werden mit dem Befehl `SWEET` spezifiziert. Nachdem das `effektive_Abtastintervall` und die Anzahl der Messungen spezifiziert wurde, berechnet das Multimeter die Anzahl der erforderlichen Bursts und die Anzahl der erforderlichen Messungen pro Burst. (Ein Burst ist eine Gruppe von Messungen).

In diesem Beispiel erfasst das Multimeter während der ersten Eingangssignalperiode fünf Messwerte (= ein Burst). Während der zweiten Periode verzögert es den Triggerpunkt um 5 µs und erfasst wiederum fünf Messwerte. Während der übrigen zwei Perioden verzögert es den Triggerpunkt jeweils wieder um 5 µs und erfasst wiederum fünf Messwerte. Danach synthetisiert das Multimeter das zusammengesetzte Signal, indem es die Messwerte in der richtigen Reihenfolge anordnet. Das Ergebnis ist ein aus 20 Messwerten, die um jeweils 5 µs gegeneinander versetzt sind, bestehendes Abbild des Eingangssignals (siehe **Abbildung 5-11**). In diesem Beispiel beträgt die `effektive_Abtastrate` 200.000 Messungen pro Sekunde.



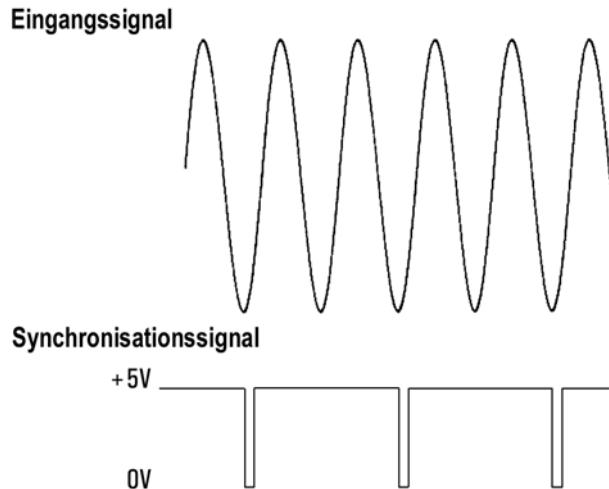
**Abbildung 5-10** Beispiel für das "Sub-Sampling"-Verfahren



**Abbildung 5-11 Zusammengesetztes Signal**

### "Sync Source"-Ereignis

In dem obigen Beispiel für eine "Sub-Sampling"-Messung wurde vorausgesetzt, dass das Multimeter in der Lage ist, sich auf irgend eine Weise mit der Eingangssignalperiode zu synchronisieren. Diese Synchronisation erfolgt mit Hilfe des "Sync Source"-Ereignisses. Als "Sync Source"-Ereignis können Sie wahlweise das EXT- oder das LEVEL-Ereignis spezifizieren. Das "Sync Source"-Ereignis EXT (Befehl SSRC EXT) tritt ein, wenn am **Ext Trig**-Anschluss des Multimeters eine negative Signalflanke anliegt. Bei Verwendung des "Sync Source"-Ereignisses wird ein mit dem Eingangssignal synchroner externer Impuls benötigt. **Abbildung 5-12** zeigt ein typisches Eingangssignal und das erforderliche Synchronisationssignal. Wie aus **Abbildung 5-12** hervorgeht, ist nicht unbedingt in jeder Periode des Eingangssignals ein Synchronisationsimpuls erforderlich. Der Synchronisationsimpuls muss lediglich mit dem Eingangssignal synchron sein.



**Abbildung 5-12** Typisches Synchronisationssignal für "Sync Source"-Ereignis EXT

Das "Sync Source"-Ereignis LEVEL (dies ist der Einschalt-Zustand- und Standardwert für "Sync Source") tritt ein, wenn die spezifizierte Eingangssignalflanke den spezifizierten Spannungswert erreicht (Pegeltriggerung). Abbildung 5-10 zeigt die Funktionsweise des "Sync Source"-Ereignisses LEVEL (in diesem Beispiel wurde für LEVEL der Wert 0% spezifiziert, außerdem die positive Flanke und AC-Kopplung). Das erste "Sync Source"-Ereignis tritt zum Zeitpunkt des Nulldurchgangs der positiven Eingangssignalflanke ein. Das Multimeter erfasst daraufhin einen (in diesem Fall) aus fünf Messwerten bestehenden Burst. Nach dem nächstfolgenden "Sync Source"-Ereignis (zweite Eingangssignalperiode) verzögert das Multimeter den Triggerpunkt und erfasst weitere fünf Messwerte. Dieser Vorgang wiederholt sich so oft, bis die spezifizierte Anzahl von Messungen ausgeführt wurde.

In dem folgenden Beispiel wird der Befehl SSDC zur Digitalisierung eines mit einer Gleichspannung (5 V) überlagerten 1 MHz-Signals (Spitzenspannung 5 V) verwendet. Der Befehl SWEEP veranlasst das Multimeter dazu, 4000 Messungen mit einem effektiven Abtastintervall von 10 ns auszuführen. In den Zeilen 60 bis 80 werden der Pegel und die Flanke für das "Sync Source"-Ereignis LEVEL spezifiziert. Die Messwerterfassung beginnt, sobald die erste Periode des Eingangssignals den Pegel 7.5 VDC (75% des Bereichs 10 V) erreicht. Zeile 90 löst

das Triggerfreigabeereignis aus; dies dient im wesentlichen dazu, das "Sync Source"-Ereignis freizugeben.

```

10  OUTPUT 722;"PRESET FAST" !Triggerfreigabeereignis SYN, Triggerereignis
15                      !AUTO, DINT-Formate
20  OUTPUT 722;"MEM FIFO"   !Messwertspeicher aktivieren, FIFO-Modus
30  OUTPUT 722;"MFORMAT SINT" !Speicherformat SINT
40  OUTPUT 722."SSDC 10"    !"Sub-Sampling", Bereich 10 V, "Sync Source"-Ereignis LEVEL (Standardwert)
50  OUTPUT 722;"SWEEP 10E-9,4000" !4000 Messungen, effektives Abtastintervall
55                      !10 ns
60  OUTPUT 722;"LEVEL 75 DC" !Pegeltriggerung bei 75% des Bereichs, DC-Kopplung
70  OUTPUT 722;"SLOPE POS"   !Pegeltriggerung auf positive Flanke
80  OUTPUT 722;"SSRC LEVEL" !"Sync Source"-Ereignis LEVEL
90  OUTPUT 722; "TARM SGL"  !Messwerterfassung freigeben
100 END

```

### Anmerkungen zum "Sub-Sampling"-Verfahren

- Bei "Sub-Sampling"-Messungen werden die Triggerereignis- und Abtastereignis-Erfordernisse ignoriert (diese Ereignisse sind in [Kapitel 4](#) beschrieben). Für "Sub-Sampling"-Messungen sind nur das Triggerfreigabeereignis (Befehl TARM) und das "Sync Source"-Ereignis (Befehl SSRC relevant).
- Der Befehl NRDGS ist für "Sub-Sampling"-Messungen nicht verwendbar. Sie müssen die Anzahl der Messungen und das *effektive\_Abtastintervall* mit dem Befehl SWEEP spezifizieren. Das minimale *effektive\_Abtastintervall* für "Sub-Sampling"-Messungen beträgt 10 ns. Die maximale Messrate beträgt 50.000 Messungen pro Sekunde (tatsächliches Abtastintervall 20 µs).
- Bei "Direct-Sampling"-Messungen ist keine automatische Bereichswahl möglich; statt dessen müssen Sie den gewünschten Bereich als ersten Parameter (*max\_Eingangswert*-Parameter) des Befehls SSAC oder SSDC spezifizieren. Die zulässigen Werte für *max\_Eingangswert* und die dadurch spezifizierten Bereiche sind aus der nachfolgenden Tabelle ersichtlich.

| <i>max_Eingangswert</i> | Entsprechender Bereich | Bereichsendwert |
|-------------------------|------------------------|-----------------|
| 0 bis 0.012             | 10 mV                  | 12 mV           |
| >0.012 bis 0.120        | 100 mV                 | 120 mV          |

| max. Eingangswert | Entsprechender Bereich | Bereichsendwert |
|-------------------|------------------------|-----------------|
| >0.120 bis 1.2    | 1 V                    | 1.2 V           |
| >1.2 bis 12       | 10 V                   | 12 V            |
| >12 bis 120       | 100 V                  | 120 V           |
| >120 bis 1E3      | 1000 V                 | 1050 V          |

- Wie beim "Direct-Sampling" können Sie einen Triggerpegel bis zu 500% des Bereichs spezifizieren. Das obligatorische SINT-Format unterstützt jedoch keine Messwerte, die größer sind als 120% des Bereichs.
- Falls der Messwertspeicher bei Ausführung des Befehls SSAC oder SSDC deaktiviert ist, wählt das Multimeter automatisch das Ausgabeformat SINT (ohne das Speicherformat zu verändern). Wenn Sie später eine andere Messfunktion wählen, gilt wieder das zuvor spezifizierte Ausgabeformat. Für "Sub-Sampling"-Messungen, oder wenn die Messwerte direkt über den GPIB ausgegeben werden, müssen Sie das SINT-Ausgabeformat verwenden. Falls die Messwerte zunächst im Messwertspeicher abgelegt werden, können Sie jedes beliebige Ausgabeformat verwenden (siehe nächste Anmerkung). Hierzu sollten Sie den Messwertspeicher vor Ausführung des Befehls SSAC oder SSDC aktivieren. (Bei aktiviertem Messwertspeicher ändert der Befehl SSAC oder SSDC das Ausgabeformat nicht auf SINT ab).
- Bei "Sub-Sampling"-Messungen mit aktiviertem Messwertspeicher muss vor dem Eintreten des Triggerfreigabeereignisses der Messwertspeicher als FIFO-Speicher konfiguriert und leer sein (der Befehl MEM FIFO löscht den Messwertspeicher), und das Speicherformat muss SINT sein. Ist dies nicht der Fall, so tritt nach dem Triggerfreigabeereignis der Fehler SETTINGS CONFLICT auf, und es werden keine Messwerte erfasst.
- Bei "Sub-Sampling"-Messungen an einem Eingangssignal, das Frequenzkomponenten  $\geq 1 \text{ MHz}$  enthält, ist der erste Messwert eventuell aufgrund der Interpolator-Einschwingzeit fehlerhaft. Um sicherzustellen, dass auch der erste Messwert korrekt ist, sollten Sie vor dem ersten Messwert eine Verzögerung von 500 ns einfügen (Befehl DELAY 500E-9). (In der "Sub-Sampling"-Betriebsart wird die Verzögerung zwischen dem "Sync Source"-Ereignis und dem ersten Messwert eines jeden Bursts eingefügt; der Standard-Verzögerungswert für "Sub-Sampling" beträgt 0 s.)

## Abspeichern von Messwerten in den Messwertspeicher

Wenn die erfassten Messwerte in den Messwertspeicher abgespeichert werden (Befehl MEM FIFO), sortiert das Multimeter die Messwerte automatisch in der zur Konstruktion des zusammengesetzten Signals erforderlichen Reihenfolge. Im folgenden Programmbeispiel werden die "Sub-Sampling"-Messwerte im obligatorischen SINT-Speicherformat in den Messwertspeicher geschrieben. Das Multimeter ordnet die Messwerte automatisch in der richtigen Reihenfolge an. Anschließend werden die Messwerte im DREAL-Ausgabeformat zum Steuercomputer übertragen. (Wenn die "Sub-Sampling"-Messwerte zunächst im Messwertspeicher zwischengespeichert werden, sind Sie nicht auf das SINT-Ausgabeformat beschränkt).

```

10 OPTION BASE 1          !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 REAL Samp(1:200) BUFFER !Puffer-Array deklarieren
30 ASSIGN @Dvm TO 722     !Multimeteradresse zuweisen
40 ASSIGN @Samp TO BUFFER Samp(*) !Puffer zuweisen
50 OUTPUT @Dvm;"PRESET FAST" !Triggerfreigabeereignis SYN, Triggerereignis AUTO, DINT-Formate
55
60 OUTPUT @Dvm;"MEM FIFO" !Messwertspeicher-Modus FIFO
70 OUTPUT @Dvm;"MFORMAT SINT" !Speicherformat SINT
80 OUTPUT @Dvm;"OFORMAT DREAL" !Ausgabeformat DOUBLE REAL
90 OUTPUT @Dvm;"SSDC 10"    !"Sub-Sampling", Bereich 10 V, DC-Kopplung
100 OUTPUT @Dvm;"SWEEP 5E-6,200" !Effektives Abtastintervall 5 µs, 200 Messungen
110 TRANSFER @Dvm TO @Samp;WAIT !Messwerte in Steuercomputer-Puffer übertragen
120 FOR I=1 TO 200
130 IF ABS(Samp(I))=1E+38 THEN !Bereichsüberschreitung erkennen
140 PRINT "Overload Occurred" !Bereichsüberschreitung anzeigen
150 ELSE                      !Falls keine Bereichsüberschreitung vorliegt:
160 Samp(I)=DROUND(Samp(I),5) !Auf fünf Stellen runden
170 PRINT Samp(I)             !Messwert anzeigen
180 END IF
190 NEXT I
200 END

```

## Übertragung von Messwerten zum Steuercomputer

Wenn die "Sub-Sampling"-Messwerte direkt zum Steuercomputer übertragen werden, müssen sie dort mit Hilfe eines geeigneten Algorithmus in die zur Konstruktion des zusammengesetzten Signals erforderliche Reihenfolge gebracht werden. Der Abfragebefehl SSPARM? liefert drei Parameter zurück, die von diesem Algorithmus benötigt werden. Der erste zurückgelieferte Wert ist die Anzahl der gemessenen Bursts, die jeweils  $N$  Messwerte enthalten. Der zweite zurückgelieferte Wert ist die Anzahl der gemessenen Bursts, die jeweils  $N-1$  Messwerte enthalten. Der dritte zurückgelieferte Wert ist die Zahl  $N$ . Beispiel: Angenommen, Sie erfassen im "Sub-Sampling"-Modus ein 10 kHz-Signal und spezifizieren 22 Messungen mit einem *effektiven\_Abtastintervall* von 5 µs. In diesem Fall erfasst das Multimeter zwei Bursts mit jeweils sechs Messwerten und zwei Bursts mit jeweils fünf Messwerten. Die einzelnen Bursts sind um jeweils 5 µs gegeneinander verzögert. Der Abfragebefehl SSPARM? liefert dann die Werte 2, 2 und 6.

Im "Sub-Sampling"-Modus beträgt die maximale Abtastrate 50.000 Messungen pro Sekunde – unabhängig vom spezifizierten *effektiven\_Abtastintervall*. (Wenn Sie ein *effektives\_Abtastintervall* von  $\geq 20$  µs spezifizieren, geht das Multimeter in den "Direct-Sampling"-Modus über.) Wenn die erfassten Messwerte direkt zum Steuercomputer übertragen werden (hierfür muss das SINT-Format verwendet werden, das 2 Bytes pro Messwert erfordert), müssen der GPIB und der Steuercomputer Datenraten bis zu 100 kByte pro Sekunde unterstützen. Ist dies nicht der Fall, so tritt am Multimeter der Fehler TRIGGER TOO FAST auf.

In dem folgenden Beispiel wird der Befehl SSAC zur Digitalisierung 10 kHz-Signals mit einer Spitzenspannung von 5 V verwendet. Der Befehl SWEEP veranlasst das Multimeter dazu, 1000 Messungen (Variable "Num\_samples") mit einem *effektiven\_Abtastintervall* von 2 µs (Variable "Eff\_int") auszuführen. Für diese Messung werden die Standard-Pegeltrigger-Parameter für das "Sync Source"-Ereignis verwendet (Triggerung auf Nulldurchgang des Eingangssignals, AC-Kopplung, positive Flanke). Zeile 110 generiert ein SYN-Ereignis und veranlasst eine direkte Messwertübertragung zum Steuercomputer. In den Zeilen 230 bis 400 werden die "Sub-Sampling"-Messwerte in der richtigen Reihenfolge zusammengesetzt. Der Datensatz für das zusammengesetzte Signal wird in dem Array "Wave\_form" abgelegt.

```

10 OPTION BASE 1           !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 INTEGER Num_samples,Inc,I,J,K,L !Variablen deklarieren
30 Num_samples=1000          !Anzahl der Messungen spezifizieren
40 Eff_int=2.0E-6            !Effektives Abtastintervall spezifizieren
50 INTEGER Int_samp(1:1000) BUFFER!Integer-Array für Puffer deklarieren
60 ALLOCATE REAL Wave_form(1:Num_samples) !Array für sortierte Messwerte dekla-
65                                !rieren
70 ALLOCATE REAL Samp(1:Num_samples)      !Array für Messwerte deklarieren
80 ASSIGN @Dvm TO 722                  !Multimeteradresse zuweisen
90 ASSIGN @Int_samp TO BUFFER Int_samp(*) !Puffer-I/O-Pfadname zuweisen
100 OUTPUT @Dvm;"PRESET FAST;LEVEL;SLOPE;SSDC 10;SWEEP ";Eff_int,Num_samples
101 !"High-Speed"-Modus, Triggerfreigabeereignis SYN, Standardwerte für Trigger-
102 !pegl und -flanke, "Sub-Sampling" (SINT-Ausgabeformat), Bereich 10 V, effek-
103 !tives Abtast-intervall 2µs, 1000 Messungen
110 TRANSFER @Dvm TO @Int_samp;WAIT     !SYN-Ereignis, Messwerte übertragen
111 !in Integer-Array; da das Integer-Format des Computers exakt dem SINT-Format
112 !ent spricht, ist keine Datenkonvertierung notwendig (es ist ein Integer-
113 !Arrayerforderlich)
120 OUTPUT @Dvm; "I SCALE?"          !Skalierungsfaktor für SINT-Format abfragen
130 ENTER @Dvm;S                   !Skalierungsfaktor einlesen
140 OUTPUT @Dvm; "SSPARM?"         !"Sub-Sampling"-Parameter abfragen
150 ENTER @Dvm;N1,N2,N3           !"Sub-Sampling"-Parameter einlesen
160 FOR I=1 TO Num_samples
170 Samp(I)=Int_samp(I)           !Jeweils einen Integer-Messwert in das Real-
171 !Format umwandeln (ist zur Verhinderung eines etwaigen Integer-Überlaufs in
172 !der nächsten Zeile erforderlich)
180 R=ABS(Samp(I))              !Anhand des absoluten Wertes auf Bereichsüber-
185                                !schreitung überprüfen
190 IF R>=32767 THEN PRINT "OVLD"!Falls Bereichsüberschreitung, Meldung
195                                !anzeigen
200 Samp(I)=Samp(I)*S           !Messwert mit Skalierungsfaktor multiplizieren
210 Samp(I)=ROUND(Samp(I),4)    !Auf vier Stellen runden
220 NEXT I
225 !----- Messwerte sortieren -----
230 Inc=N1+N2                  !Gesamtzahl der Bursts
240 K=1
250 FOR I=1 TO N1
260 L=I
270 FOR J=1 TO N3
280 Wave_form(L)=Samp(K)
290 K=K+1
300 L=L+Inc
310 NEXT J
320 NEXT I
330 FOR I=N1+1 TO N1+N2
340 L=I
350 FOR J=1 TO N3-1
360 Wave_form(L)=Samp(K)

```

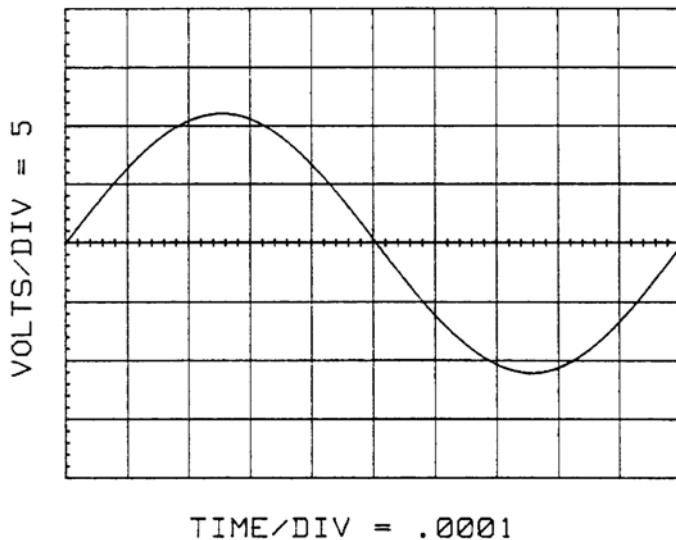
```
370 K=K+1  
380 L=L+Inc  
390 NEXT J  
400 NEXT I  
410 END
```

## Darstellung von Sampling-Signaldaten

Das nachfolgende Programm erfasst ein Signal im "Sub-Sampling"-Verfahren und stellt dieses auf dem Bildschirm des Steuercomputers dar. (Für die Datendarstellung ist die Subroutine *Plot\_it* "zuständig"). Dieses Programm ist bei der Entwicklung von Digitalisierungsprogrammen (insbesondere für "Sub-Sampling"-Messungen) hilfreich, weil es Ihnen ermöglicht, das erfasste Signal zu sehen. Da dieses Programm die einzelnen Messwerte einfach durch Vektoren miteinander verbindet (lineare Interpolation), liefert es nur bei einer effektiven Abtastrate, die mindestens das Zehnfache der Signalfrequenz beträgt, eine hinreichend genaue Darstellung. Bei Abtastraten unterhalb des zehnfachen Wertes der Signalfrequenz wird das Signal verzerrt dargestellt. [Abbildung 5-13](#) zeigt ein typisches Beispiel für ein von diesem Programm generiertes Signaldiagramm.

### HINWEIS

Die als Option 005 zum Multimeter 3458 verfügbare "Waveform Analysis Library" ist ein Softwarepaket, das speziell für die Erfassung und digitale Verarbeitung von Signalen entwickelt wurde. Es enthält Routinen für: Initialisierung des Systems, Datenerfassung, Datenvergleich, Berechnung von Signalparametern, Fourier-Transformation und Datendarstellung. Weitere Informationen erhalten Sie durch das nächstgelegene Vertriebsbüro von Keysight Technologies.



**Abbildung 5-13** Typisches Signaldiagramm

```

10 OPTION BASE 1                      !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 INTEGER Num_samples,Inc,I,J,K,L    !Variablen deklarieren
30 INTEGER Int_samp(1:1000) BUFFER     !Integer-Array für Puffer deklarieren
40 ALLOCATE REAL Wave_form(1:Num_samples) !Array für sortierte Messwerte
45                                         !deklarieren
50 ALLOCATE REAL Samp(1:Num_samples)      !Array für Messwerte deklarieren
60 Num_samples=1000                     !Anzahl der Messungen spezifizieren
70 Eff_int=2.0E-6                      !Effektives Abtastintervall spezifizieren
80 ASSIGN @Dvm TO 722                  !Multimeteradresse zuweisen
90 ASSIGN @Int_samp TO BUFFER Int_samp(*) !Puffer-I/O-Pfadname zuweisen
100 OUTPUT @Dvm;"PRESET FAST;SSDC 10;SWEEP ";Eff_int, Num_samples
101 !"High-Speed"-Modus, Triggerfreigabeereignis SYN, "Sub-Sampling" (SINT-
102 !Ausgabe-format), Bereich 10 V 2μs effektives Abtastintervall, 1000 Messungen
110 TRANSFER @Dvm TO @Int_samp;WAIT    !SYN-Ereignis, Messwerte übertragen
120 OUTPUT @Dvm;"ISCALE?"             !Skalierungsfaktor für SINT-Format abfragen
130 ENTER @Dvm;S                      !Skalierungsfaktor einlesen
140 OUTPUT @Dvm;"SSPARM?"            !"Sub-Sampling"-Parameter abfragen
150 ENTER @Dvm;N1,N2,N3               !"Sub-Sampling"-Parameter einlesen
160 FOR I=1 TO Num_samples
170 Samp(I)=Int_samp(I)              !Jeweils einen Integer-Messwert in das Real-
171 !Format umwandeln (ist zur Verhinderung eines etwaigen Integer-Überlaufs in

```

```

172 !der nächsten Zeile erforderlich)
180 R=ABS(Samp(I))           !Anhand des absoluten Wertes auf Bereichsüber-
185                           !schreitung überprüfen
190 IF R>=32767 THEN PRINT "OVLD" !Falls Bereichsüberschreitung, Meldung anzeigen
200 Samp(I)=Samp(I)*S        !Messwert mit Skalierungsfaktor multiplizieren
210 Samp(I)=DROUND(Samp(I),4) !Auf vier Stellen runden
220 NEXT I
230 Inc=N1+N2                !Inc = Gesamtzahl der Bursts
240 K=1                       !Messwerte sortieren
250 FOR I=1 TO N1             !      "
260 L=I                         !
270 FOR J=1 TO N3             !      "
280 Wave_form(L)=Samp(K)      !      "
290 K=K+1                      !      "
300 L=L+Inc                    !      "
310 NEXT J                     !      "
320 NEXT I                     !      "
330 FOR I=N1+1 TO N1+N2       !      "
340 L=I                         !
350 FOR J=1 TO N3-1           !      "
360 Wave_form(L)=Samp(K)      !      "
370 K=K+1                      !      "
380 L=L+Inc                    !      "
390 NEXT J                     !      "
400 NEXT I                     !      "
410 DISP                        !Steuercomputer-Bildschirm löschen
420 Time_div=1.0E-5            !Zeiteinheit pro Skalenteil für Signaldarstellung
430 Volts_div=5                !Spannungseinheit pro Skalenteil für Signaldar-
431                           !stellung
440 Plot_it(Time_div,Volts_div,Wave_form(*),Eff_int)
450 END
460 SUB Plot_it(Time_div,Volts_div,Wave_form(*),Time_base)
470 DIM X_axis$[80],Y_axis$[80]
480 GINIT
490 GRAPHICS ON
500 RAD
510 MOVE 35,10
520 LDIR 0
530 X_axis$="TIME/DIV = "&VAL$(Time_div)
540 LABEL X_axis$
550 MOVE 15,35
560 LDIR PI/2
570 Y_axis$="VOLTS/DIV = "&VAL$(Volts_div)
580 LABEL Y_axis$
590 VIEWPORT 20,110,20,90
600 WINDOW 0,10*Time_div,-4*Volts_div,4*Volts_div
610 AXES Time_div/5,Volts_div/5,0,0,1,1,1
620 GRID Time_div,Volts_div

```

```
630 Wave x=0
640 MOVE Wave_x,Wave_form(BASE(Wave_form,1))
650 FOR Wave_y=BASE(Wave_form,1)+1 TO SIZE(Wave_form,1)-1+BASE (Wave_form,1)
660 Wave_x=Wave_x+Time_base
670 DRAW Wave_x,Wave_form(Wave_y)
680 NEXT Wave_y
690 IF Wave_x>10*Time_div THEN DISP "Mehr Messwerte erfasst als dargestellt
695 werden"
700 SUBEND
```

DIESE SEITE WURDE ABSICHTLICH LEER GELASSEN.

# 6 Befehlsreferenz

Einführung 254

Befehle nach Funktionsgruppen geordnet 261

Anwendbarkeit von Befehlen auf Messfunktionen 263

## Einführung

Im ersten Teil dieses Kapitels wird die Befehlssprache des Multimeters beschrieben. Insbesondere werden folgende Themen behandelt: Kernbefehle, Befehlsabschluss, Parameter, Abfragebefehle, Liste der Befehle nach Funktionsgruppen, Tabelle der Zusammenhänge zwischen Befehlen und Messfunktionen. Der restliche Teil dieses Kapitels enthält ausführliche Beschreibungen der einzelnen Befehle (in alphabetischer Ordnung).

Bevor Sie dieses Kapitel lesen, sollten Sie den Tutorial-Teil dieses Handbuchs ([Kapitel 2](#) bis [Kapitel 5](#)) lesen und sich mit den darin beschriebenen Multimeterfunktionen vertraut machen. In den Tutorial-Kapiteln werden die Multimeterfunktionen einzeln beschrieben, und es wird gezeigt, mit welchen Befehlen Sie darauf zugreifen können. Im vorliegenden Kapitel erfahren Sie dann weitere Einzelheiten über die einzelnen Befehle.

Die Befehlsbeschreibungen in diesem Kapitel haben folgendes Format:

**Befehlsschlüsselwort**

**Befehlsbeschreibung**

**Syntaxbeschreibung**

Hier sind das Befehlsformat und die zulässigen und/oder erforderlichen Parameter angegeben. Parameter in eckigen Klammern ([ ]) sind optional; für solche Parameter ist jeweils ein Standardwert definiert, der verwendet wird, falls kein Wert explizit angegeben wird. Parameter, die nicht in Klammern eingeschlossen sind, haben keine Standardwerte und müssen explizit angegeben werden.

**Parameterbeschreibung**

Hier wird der jeweilige Parameter beschrieben, außerdem sind die verfügbaren Werte oder Wertebereiche angegeben.

**Einschaltzustand-Wert**

Dies ist der Wert, der dem Parameter nach dem Einschalten des Multimeters automatisch zugewiesen wird.

**Standardwert**

Dies ist der Wert, der dem Parameter automatisch zugewiesen wird, falls Sie keinen Wert explizit spezifizieren.

**Anmerkungen**

Zusätzliche Informationen über den Befehl.

**Beispiele**

Typische BASIC-Programme- oder -Befehle (Multimeter-Adresse 722). Die Programmsyntax gilt für Computer der Familie HP Serie 200/300.

**BEEP**

Dieser Befehl aktiviert oder deaktiviert den Signalton. Im Zustand BEEP ON ertönt im Falle eines Fehlers ein 1-kHz-Piepton.

**BEEP [Modus]**

**Modus** Für den Parameter Modus stehen folgende Werte zur Auswahl:

| Modus | Numer.<br>Abfrage-<br>Äquivalent | Beschreibung   |
|-------|----------------------------------|--|
| OFF   | 0                                | Deaktiviert den Signalton.   |
| ON    | 1                                | Aktiviert den Signalton.   |
| ONCE  | 2                                | Der Signalton ertönt einmal, danach kehrt die Signalfonfunktion in den vorigen Zustand (OFF oder ON) zurück. |

**Einschaltzustand-Wert Modus** = zuletzt programmierte Wert.  
**Standardwert Modus** = ONCE.

**Anmerkungen**

- Der Parameter Modus wird nichtflüchtig gespeichert (d. h. er geht beim Ausschalten des Gerätes nicht verloren).
- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl BEEP? liefert den aktuellen Modus der Signalfonfunktion zurück. Weitere Informationen hierzu siehe unter "Abfragebefehl" am Anfang dieses Kapitels.
- **Verwandte Befehle:** TONE

**Beispiel** OUTPUT 722;"BEEP OFF" !Signalton deaktivieren

## Programmiersprachen-Konventionen

Das Multimeter kommuniziert mit einem Steuercomputer (System Controller) über den GPIB-Bus.<sup>[1]</sup> Jedem am GPIB angeschlossenen Gerät muss eine eindeutige Adresse zugeordnet sein. Die in diesem Handbuch beschriebenen Beispiele beziehen sich auf einen BASIC-Computer Hewlett-Packard Serie 200 oder 300. Sie setzen den GPIB Interface Select Code 7 und die Geräteadresse 22 (serienmäßige Standardeinstellung) voraus; dies ergibt die kombinierte GPIB-Adresse 722. Wir empfehlen Ihnen, diese Adresse beizubehalten; dadurch vereinfacht sich die Programmierung.

### Befehlsabschlusszeichen

Damit das Multimeter das Ende eines Befehls erkennt, muss dieser mit einem Wagenrücklauf-Code (*cr*), einem Zeilenvorschub-Code (*lf*) oder einem Strichpunkt (;) abgeschlossen werden; oder es muss zeitgleich mit der Übertragung des letzten Befehlszeichens die EOI- (End or Identify) Busleitung gesetzt werden. Wenn das auf dem Steuercomputer laufende Programm einen Befehl im Standardformat (bzw. OUTPUT 722;"TEST") sendet, fügt der Steuercomputer typischerweise ein *cr lf* an das Ende des Befehls an. Wenn der Eingangspuffer des Multimeters deaktiviert ist (wie es im Einschalt-Zustand der Fall ist), verarbeitet das Multimeter den *cr*-Code sofort, den *lf*-Code hingegen erst nach Ausführung des empfangenen Befehls. Wegen des *lf*-Codes ist der Bus so lange blockiert, bis das Multimeter den Befehl ausgeführt hat (oder bis der Steuercomputer den GPIB-Universalbefehl CLEAR sendet, der die Ausführung des Befehls abbricht). Sie können die Busblockade verhindern, indem Sie beim Senden von Befehlen die *cr lf*-Codes unterdrücken oder den Eingangspuffer des Multimeters aktivieren (Befehl INBUF ON). Die folgende Programmzeile zeigt, wie Sie mit den Ausgabeformat-Spezifizierern # und K die automatisch erzeugten *cr lf*-Codes unterdrücken können.

```
OUTPUT 722 USING "#,K";"TEST;"
```

[1] GPIB (General Purpose Interface Bus) ist eine Implementation der Standards IEEE 488-1978 und ANSI MC 1.1.

**HINWEIS**

Die Ausgabeformat-Spezifizierer # und K gelten für Computer HP Serie 200/300. Informationen darüber, wie Sie bei Ihrem Computer die *cr lf*-Codes unterdrücken können, finden Sie in der Dokumentation zu Ihrem Computer. Der Strichpunkt nach dem Befehl TEST signalisiert dem Multimeter das Ende des Befehls und ist obligatorisch, falls die *cr lf*-Codes unterdrückt werden.

## Mehrere Befehle in einem einzigen String

Es besteht die Möglichkeit, mehrere, durch Kommas voneinander getrennte Befehle in einem einzigen Befehlsstring zu senden. Der folgende Befehlsstring, beispielsweise, enthält drei Multimeterbefehle.

```
OUTPUT 722; "TRIG HOLD;DCV 3;NPLC 10"
```

## Parameter

Numerische Befehlsparameter können im Integer-, Gleitpunkt- oder Exponentialformat spezifiziert werden. Falls ein Befehl einen Integer-Parameter erfordert und der betreffende Wert statt dessen im Gleitpunktformat spezifiziert wird, wird dieser auf den nächstliegenden Integer-Wert gerundet. Beispiel: "SUB 2.49" wird abgerundet auf "SUB 2"; "SUB 2.5" wird aufgerundet auf "SUB 3".

### Standardwerte für Parameter

Sie können den Standardwert für einen Parameter wählen, indem Sie den betreffenden Parameter weglassen oder den "Ersatzwert" -1 (minus 1) spezifizieren. Um beispielsweise für den ersten Parameter den Wert 10 und für den zweiten Parameter den Standardwert zu spezifizieren, können Sie einen der folgenden Befehle senden:

```
OUTPUT 722;"ACV 10"
```

oder

```
OUTPUT 722;"ACV 10,-1"
```

Im Fernsteuerungsbetrieb (aber nicht in der manuellen Betriebsart) können Sie den Standardwert auch durch ein zusätzliches Komma spezifizieren. Der folgende Befehl spezifiziert für den ersten Parameter den Wert 10 und für den zweiten Parameter den Standardwert:

```
OUTPUT 722;"ACV 10,,,"
```

Der folgende Befehl spezifiziert für den ersten Parameter den Standardwert (in diesem Fall AUTO für automatische Bereichswahl) und für den zweiten Parameter den Wert .01:

```
OUTPUT 722; "ACV,,.01"
```

## Abfragebefehle

Ein Abfragebefehl endet mit einem Fragezeichen und liefert eine oder mehrere Antworten auf eine bestimmte Frage. Beispiel: Der Befehl ID? liefert die Antwort *Keysight 3458A*.

### Standard-Abfragebefehle

Die folgenden Standard-Abfragebefehle sind in diesem Kapitel einzeln dokumentiert:

```
AUXERR?LINE?  
CALNUM?MCOUNT?  
ERR?OPT?  
ERRSTR?REV?  
ID?SSPARM?  
ISCALE?STB?  
TEMP?
```

### Zusätzliche Abfragebefehle

Zusätzlich zu den oben aufgelisteten Abfragebefehlen können Sie weitere Abfragebefehle konstruieren, indem Sie an einen beliebigen Befehl, der zur Programmierung des Multimeters verwendet werden kann, ein Fragezeichen anfügen. (Abfragebefehle dieser Art sind in diesem Kapitel nicht einzeln dokumentiert. Sie werden statt dessen zusammen mit dem zugrunde liegenden Stammbefehl beschrieben. Die Beschreibung zum Befehl AZERO, beispielsweise, enthält auch Informationen über den zugehörigen Abfragebefehl AZERO?). Um bei dem Beispiel mit dem Befehl AZERO zu bleiben: AZERO aktiviert oder deaktiviert die "Autozero"-Funktion. Es stehen die "Autozero"-Betriebsarten OFF, ON und ONCE zur Auswahl. Durch Anfügen eines Fragezeichens an den Befehl AZERO entsteht ein Abfragebefehl zur Bestimmung der aktuellen Autozero-Betriebsart.

```

10 OUTPUT 722;"AZERO?"
20 ENTER 722;A$
30 PRINT A$
40 END

```

Im Einschalt-Zustand antwortet das Multimeter auf Abfragebefehle mit der numerischen Form des Parameters. Der obige Abfragebefehl könnte beispielsweise den Wert 1 liefern; dies ist das numerische Äquivalent zu ON. Die numerischen Äquivalente sind in den Befehlsbeschreibungen jeweils aufgelistet.

Befehle wie beispielsweise AZERO, die nur bestimmte diskrete Werte als Parameter akzeptieren, liefern auf eine Abfrage hin den zuletzt gewählten Wert (oder dessen numerisches Äquivalent). Viele Befehle erfordern einen numerischen Parameter, dessen Wert innerhalb gewisser Grenzen frei wählbar ist, beispielsweise eine Zeit in Sekunden, eine Spannung in Volt, einen Widerstand in Ohm usw. Der Befehl APER, beispielsweise, spezifiziert die Integrationszeit in Sekunden. Der Wertebereich für diesen Befehl beträgt 500 ns bis 1 s. Auf den Abfragebefehl APER? antwortet das Multimeter mit der zuletzt spezifizierten Integrationszeit.

Mit dem Befehl QFORMAT (Query Format) können Sie das gewünschte Format für Antworten auf Abfragebefehle spezifizieren: numerisch (wie oben gezeigt), alphabetisch oder alphanumerisch. Das folgende Programm, beispielsweise, spezifiziert das Antwortformat ALPHA. Das Multimeter liefert dann ein alphabetisches Befehlsschlüsselwort und einen alphabetischen Parameterwert (sofern dies möglich ist):

```

10 OUTPUT 722;"QFORMAT ALPHA"
20 OUTPUT 722;"AZERO?"
30 ENTER 722;A$
40 PRINT A$
50 END

```

Die typische Antwort lautet: AZERO ON

Wenn das Antwortformat ALPHA spezifiziert wurde und das Multimeter einen Abfragebefehl zu einem Befehl empfängt, der einen expliziten numerischen Wert erfordert, ergibt die Abfrage ein alphabetisches Schlüsselwort und einen numerischen Wert. Eine typische Antwort auf den Abfragebefehl APER? lautet beispielsweise:

**APER 166.667E-03**

Viele Abfragebefehle können sowohl alphabetische als auch numerische Antworten liefern. Der Befehl NRDGS?, beispielsweise, liefert zwei Antworten. Die erste Antwort ist numerisch und gibt die Anzahl der Messungen pro Triggerereignis an. Die zweite Antwort ist alphabetisch (sofern das Antwortformat QFORMAT = ALPHA spezifiziert wurde) und gibt das spezifizierte Abtastereignis an. Das folgende Programm sendet den Abfrage NRDGS?, liest die Antwort ein und zeigt diese an.

```
10 OUTPUT 722;"NRDGS?"
20 ENTER 722;A$,B$
30 PRINT A$,B$
40 END
```

Die GPIB-Übertragung von Antworten auf Abfragebefehle erfolgt stets im ASCII-Format – unabhängig davon, welches Ausgabeformat spezifiziert wurde. Nach der Übertragung der Abfrageantwort wird wieder das zuletzt spezifizierte Ausgabeformat verwendet (SINT, DINT, SREAL, DREAL oder ASCII).

## Befehle nach Funktionsgruppen geordnet

Nachfolgend werden alle vom Multimeter erkannten Befehle, nach Funktionsgruppen (Messfunktionen, Digitalisierung, A/D-Wandler usw.) geordnet, aufgelistet.

| Messfunktionen                           | Digitalisierung       | Programmspeicher |
|--|-----------------------|------------------|
| ACDCI                                    | DSAC                  | CALL             |
| ACDCV                                    | DSDC                  | COMPRESS         |
| ACI                                      | LEVEL                 | CONT             |
| ACV                                      | LFILTER               | DELSUB           |
| DCI                                      | SLOPE                 | PAUSE            |
| DCV                                      | NRDGS                 | SCRATCH          |
| DSAC                                     | PRESET (DIG und FAST) | SUB              |
| DSDC                                     | SSAC                  | SUBEND           |
| FREQ                                     | SSDC                  |                  |
| FUNC                                     | SSPARM?               | Zustandsspeicher |
| OHM                                      | SSRC                  |                  |
| OHMF                                     | SWEEP                 | PURGE            |
| PER                                      | TIMER                 | RSTATE           |
| SSAC                                     |                       | SCRATCH          |
| SSDC                                     |                       | SSTATE           |
| Funktionen in Zusammenhang mit Messungen | Triggerung            |                  |
| ACBAND                                   | EXTOUT                | A/D-Wandler      |
| ARANGE                                   | LEVEL                 | APER             |
| AZERO                                    | LFILTER               | LFREQ            |
| DELAY                                    | NRDGS                 | LINE?            |
| FIXEDZ                                   | SLOPE                 | NPLC             |
| FSOURCE                                  | SSRC                  | RES              |
| LFILTER                                  | SWEEP                 |                  |
| OCOMP                                    | TARM                  | Status           |
| PRESET (DIG, FAST, oder NORM)            | TBUFF                 |                  |
| RANGE oder R                             | TIMER                 | CSB              |
| RATIO                                    | TRIG oder T           | RQS              |
| SETACV                                   |                       | SRQ              |
| SSPARM?                                  | MCOUNT?               | STB?             |
| TERM                                     | MEM                   |                  |
|  | MFORMAT               |                  |
|  | MSIZE                 |                  |
|  | RMEM                  |                  |
|  |                       | Messwertspeicher |

| <b>Ein-/Ausgabe</b>     | <b>System</b>                 | <b>GPIB-Befehle</b> |
|-------------------------|-------------------------------|---------------------|
| END                     | BEEP                          | ABORT IO            |
| INBUF                   | DEFEAT                        | CLEAR               |
| ISCALE?                 | EXTOUT                        | LOCAL               |
| OFORMAT                 | OPT?                          | LOCAL LOCKOUT       |
| QFORMAT                 | PRESET (DIG, FAST, oder NORM) | REMOTE              |
| <b>Fehler</b>           | QFORMAT                       | SPOLL               |
| AUXERR?                 | RESET                         | TRIGGER             |
| EMASK                   | TONE                          |                     |
| ERR?                    |                               |                     |
| ERRSTR?                 |                               |                     |
| <b>Math-Operationen</b> | <b>Display</b>                |                     |
| MATH                    | DISP                          |                     |
| MMATH                   | NDIG                          |                     |
| RMATH                   |                               |                     |
| SMATH                   |                               |                     |
| <b>Tastatur</b>         | <b>Kalibrierung/Test</b>      |                     |
| DEFKEY                  | ACAL                          |                     |
| LOCK                    | CAL                           |                     |
| MENU                    | CAL?                          |                     |
| <b>Bus</b>              | CALNUM?                       |                     |
| ADDRESS                 | CALSTR                        |                     |
| ID?                     | REV?                          |                     |
| SRQ                     | SCAL                          |                     |
|                         | SECURE                        |                     |
|                         | TEMP?                         |                     |
|                         | TEST                          |                     |

## Anwendbarkeit von Befehlen auf Messfunktionen

**Tabelle 6-1** zeigt die Multimeterbefehle, die nur auf bestimmte Messfunktionen anwendbar sind. Ein Punkt (•) bedeutet, dass der betreffende Befehl ohne Einschränkungen anwendbar ist. Eine Zahl (1 bis 5) bedeutet, dass der betreffende Befehl mit Einschränkungen anwendbar ist (siehe die nummerierten Fußnoten unterhalb der Tabelle). Ein leeres Feld bedeutet, dass der Befehl auf diese Messfunktionen nicht anwendbar ist. Die in **Tabelle 6-1** nicht aufgelisteten Multimeterbefehle sind auf sämtliche Messfunktionen anwendbar.

**Tabelle 6-1** Anwendbarkeit von Befehlen auf Messfunktionen

|                       | DCV | DCI | OHM<br>OHMF | ACV<br>ACDCV<br>(ANA) | ACV<br>ACDCV<br>(SYNC) | ACV<br>ACDCV<br>(RNDM) | ACI<br>ACDCI | FREQ<br>PER | DSAC<br>DSDC | SSAC<br>SSDC |
|-----------------------|-----|-----|-------------|-----------------------|------------------------|------------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| ACBAND                |     |     |             | •                     | •                      | •                      | •            | •           |              |              |
| APER                  | •   | •   | •           | •                     |                        |                        | •            |             |              |              |
| ARANGE <sup>1</sup>   | •   | •   | •           | •                     | •                      | •                      | •            | •           |              |              |
| AZERO                 | •   | •   | •           |                       |                        |                        |              |             |              |              |
| FIXEDZ                | •   |     | •           |                       |                        |                        |              |             |              |              |
| FSOURCE               |     |     |             |                       |                        |                        |              | •           |              |              |
| ISCALE?               | •   | •   | •           | •                     | •                      | •                      | •            | 1           | •            | •            |
| LEVEL                 | •   |     |             |                       | 2                      |                        |              | 3           | •            | •            |
| LFILTER               | •   |     |             |                       | •                      |                        |              | •           | •            | •            |
| LFREQ                 | •   | •   | •           | •                     |                        |                        | •            |             |              |              |
| (M) MATH <sup>1</sup> | •   | •   | •           | •                     | •                      | •                      | •            | •           | •            | 4            |
| MFORMAT               | •   | •   | •           | •                     | •                      | •                      | •            | 1           | •            | 5            |
| NPLC                  | •   | •   | •           | •                     |                        |                        | •            |             |              |              |
| OCOMP                 |     |     |             | •                     |                        |                        |              |             |              |              |
| OFORMAT               | •   | •   | •           | •                     | •                      | •                      | •            | 1           | •            | 5            |
| RATIO                 | •   |     |             | •                     | •                      | •                      |              |             |              |              |
| SETACV                |     |     |             | •                     | •                      | •                      |              |             |              |              |

**Tabelle 6-1** Anwendbarkeit von Befehlen auf Messfunktionen (Fortsetzung)

|         | DCV | DCI | OHM<br>OHMF | ACV<br>ACDCV<br>(ANA) | ACV<br>ACDCV<br>(SYNC) | ACV<br>ACDCV<br>(RNDM) | ACI<br>ACDCI | FREQ<br>PER | DSAC<br>DSDC | SSAC<br>SSDC |
|---------|-----|-----|-------------|-----------------------|------------------------|------------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| SLOPE   | •   |     |             |                       | 2                      |                        |              | 3           | •            | •            |
| SSPARM? |     |     |             |                       |                        |                        |              |             |              | •            |
| SSRC    |     |     |             |                       | •                      |                        |              |             |              | •            |
| SWEEP   | •   | •   | •           | •                     |                        |                        | •            |             | •            | •            |
| TIMER   | •   | •   | •           | •                     |                        |                        | •            |             | •            |              |

**1** Das SINT- oder DINT-Speicher-/Ausgabeformat sollte nicht verwendet werden für: Frequenz- oder Periodenmessungen; Messungen, in denen Echtzeit- oder Post-Processing-Math-Operationen (außer STAT oder PFAIL) angewandt werden; Messungen mit automatischer Bereichswahl.  
**2** Das Standard- "Sync-Source"-Ereignis für synchrone ACV- oder ACDCV-Messungen ist LEVEL; der Triggerpegel und die Triggerflanke werden jedoch automatisch gewählt und können nicht spezifiziert werden.  
**3** Das Trigger- oder Abtastereignis LEVEL ist für die Messfunktionen FREQ und PER nicht verwendbar. Sie können jedoch den Spannungspegel und die Signalflanke spezifizieren, die die Pegeldetektorschaltung für Frequenz- oder Periodenmessungen verwenden soll.  
**4** Auf "Sub-Sampling"-Messungen ist der Befehl MATH nicht anwendbar, wohl aber der Befehl MMATH.  
**5** Bei "Sub-Sampling"-Messungen mit aktiviertem Messwertspeicher muss das Speicherformat SINT verwendet werden. Bei "Sub-Sampling"-Messungen mit deaktiviertem Messwertspeicher muss das Ausgabeformat SINT verwendet werden.

## ACAL

**Autocal.** Dieser Befehl weist das Multimeter an, die spezifizierte Selbsttestroutine oder alle Selbsttestroutinen auszuführen.

### Syntax

ACAL [Typ][,Sicherheitscode]

#### Typ

Für den Parameter *Typ* stehen folgende Werte zur Auswahl:

| <i>Typ</i> | Numer.<br>Abfrage-<br>Äquivalent | Beschreibung   |
|------------|----------------------------------|--|
| ALL        | 0                                | Autokalibrierroutinen DCV, OHMS und AC.  |
| DCV        | 1                                | Autokalibrierroutinen DC-Spannungsverstärkung und -Offset (siehe erste Anmerkung).         |
| AC         | 2                                | Autokalibrierroutinen ACV-Frequenzgang, -Verstärkung und -Offset (siehe zweite Anmerkung). |
| OHMS       | 4                                | Autokalibrierroutinen OHMS-Verstärkung und -Offset (siehe dritte Anmerkung).               |

Einschaltzustand-Wert *Typ* = (nicht verfügbar).

Standardwert *Typ* = ALL.

#### Sicherheitscode

Wenn die "Autocal"-Funktion passwortgeschützt ist, müssen Sie den richtigen Sicherheitscode eingeben, um auf diese Funktion zugreifen zu können. Wenn die AKF "Autocal"-Funktion nicht passwortgeschützt ist, ist die Eingabe eines Sicherheitscodes nicht erforderlich. Weitere Informationen über den Sicherheitscode und über das Sichern/Freigeben der "Autocal"-Funktion siehe Beschreibung des Befehls SECURE.

## Anmerkungen

- Da die DCV-Autokalibrierung sämtliche Messfunktionen betrifft, sollten Sie sie vor der AC- oder OHMS-Autokalibrierung durchführen. Wenn Sie ACAL ALL spezifizieren, wird die DCV-Autokalibrierung vor den übrigen Autokalibrierroutinen ausgeführt.
- Vor einer Autokalibrierung sollte das Multimeter mindestens zwei Stunden lang bei konstanter Umgebungstemperatur warmgelaufen sein. Zur Maximierung der Messgenauigkeit wird empfohlen, alle 24 Stunden eine vollständige automatische Kalibrierung (ACAL ALL) auszuführen, außerdem immer dann, wenn die Multimeter-Innentemperatur um mehr als  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  von der Temperatur zum Zeitpunkt der letzten externen Kalibrierung oder Autokalibrierung abweicht.
- Die AC-Autokalibrierung verbessert die Genauigkeit die Messfunktionen ACV oder ACDCV (sämtliche Messverfahren), ACI oder ACDCI, DSAC, DSDC, SSAC, SSDC, FREQ und PER.
- Die OHMS-Routine verbessert die Genauigkeit von 2- oder 4-Draht-Widerstandsmessungen sowie DCI- und ACI-Messungen.
- Trennen Sie vor Beginn der Autokalibrierung stets alle AC-Eingangssignale ab. Falls während der Autokalibrierung ein Eingangssignal vorhanden ist, kann dies die Autokalibrierung negativ beeinflussen.
- Die "Autocal"-Kalibrierkonstanten werden nichtflüchtig gespeichert (d. h. sie gehen beim Ausschalten des Gerätes nicht verloren). Daher ist es nicht nötig, eine Autokalibrierung durchzuführen, nur weil das Gerät ausgeschaltet war.
- Hier der Zeitbedarf für die Ausführung der verschiedenen Autokalibrierroutinen:
 

**LL: 16 Minuten**  
**DCV: 2 Minuten 45 Sekunden**  
**AC: 2 Minuten 45 Sekunden**  
**OHMS: 11 Minuten**
- Lassen Sie das Gerät nach der automatischen Kalibrierung für die unten aufgeführte empfohlene Zeit ruhen, bevor Sie eine Messung durchführen, um die thermische Stabilisierung der Relais zu ermöglichen.

| ACAL-Typen | Einschwingzeit |
|------------|----------------|
| ACAL ALL   | 30 Minuten     |
| ACAL DCV   | 15 Minuten     |

| ACAL-Typen | Einschwingzeit |
|------------|----------------|
| ACAL OHM   | 30 Minuten     |
| ACAL ACV   | 15 Minuten     |

- **Verwandte Befehle:** CAL, SCAL, SECURE

### Beispiel

```
OUTPUT 722;"ACAL ALL,3458" !Ausführung aller Autokalibrierroutinen
!unter Verwendung des Standard-Sicherheitscodes
```

## ACBAND

**"AC bandwidth".** Dieser Befehl spezifiziert die zu erwartende Eingangssignal-Bandbreite; er betrifft sämtliche AC- und AC+DC-Messfunktionen. Durch das Spezifizieren der Bandbreite ist das Multimeter in der Lage, die übrigen Parameter für höchste Messgeschwindigkeit zu optimieren.

### Syntax

ACBAND [*untere\_Grenzfrequenz*][,*obere\_Grenzfrequenz*]

*untere\_Grenzfrequenz*

Dieser Parameter spezifiziert die niedrigste zu erwartende Frequenzkomponente des Eingangssignals.

Einschaltzustand-Wert *untere\_Grenzfrequenz* = 20 Hz

Standardwert *untere\_Grenzfrequenz* = 20 Hz

*obere\_Grenzfrequenz*

Dieser Parameter spezifiziert die höchste zu erwartende Frequenzkomponente des Eingangssignals.

Einschaltzustand-Wert *obere\_Grenzfrequenz* = 20 MHz

Standardwert *obere\_Grenzfrequenz* = 2 MHz

## Anmerkungen

- Angaben zur Messgenauigkeit und Messrate in Abhängigkeit von der Eingangssignalbandbreite finden Sie unter „[Anhang A: Spezifikationen](#)“ auf Seite 459.
- Bei ACV- oder ACDCV-Messungen nach dem "Synchronous-Sampling"-Verfahren (Befehl SETACV SYNC) werden die Bandbreitenparameter vom Multimeter zur Berechnung von Time-out-Werten und Sampling-Parametern verwendet. Wenn in der Triggerbetriebsart LEVEL (Standardbetriebsart) während einer Messung das Eingangssignal abgetrennt und nicht innerhalb des vorgegebenen Zeitlimits wieder angelegt wird, schaltet das Multimeter automatisch auf das Messverfahren RANDOM um, sodass die Messung zu Ende geführt werden kann. (Nach der Messung schaltet das Multimeter automatisch wieder auf das Messverfahren SYNC um.) Bei synchronen ACV- oder ACDCV-Messungen ist es sehr wichtig, dass die spezifizierte Bandbreite mit der tatsächlichen Bandbreite des Eingangssignals übereinstimmt.
- Bei Frequenz- oder Periodenmessungen mit automatischer Bereichswahl werden die Bandbreitenparameter zur Berechnung der Bereichsumschaltzeiten verwendet. Bei diesen Messungen ist es äußerst wichtig, dass die spezifizierte Bandbreite (insbesondere die *untere\_Grenzfrequenz*) der tatsächlichen Eingangssignalbandbreite entspricht.
- Falls Sie die Eingangssignalbandbreite nicht kennen, sollten Sie für die ACBAND-Parameter die Standardwerte verwenden.
- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl ACBAND? liefert zwei durch Kommas getrennte Zahlen zurück. Die erste Zahl ist die zuletzt spezifizierte *untere\_Grenzfrequenz*, die zweite Zahl die zuletzt spezifizierte *obere\_Grenzfrequenz*. Weitere Informationen hierzu siehe unter "[Abfragebefehle](#)" am Anfang dieses Kapitels.
- **Verwandte Befehle:** ACDCI, ACDCV, ACI, ACV, FREQ, FUNC, PER. SETACV

## Beispiel

```
OUTPUT 722;"ACBAND 500,1000" !Spezifiziert eine Eingangssignalbandbreite
!von 500 Hz bis 1000 Hz
```

ACDCI, ACDCV, ACI, ACV

Siehe Beschreibung des Befehls [FUNC](#).

## ADDRESS

Dieser Befehl (der nur über die Frontplatte eingegeben werden kann) spezifiziert die GPIB-Adresse des Multimeters. Die GPIB-Adresse wird nichtflüchtig gespeichert (d. h. sie geht beim Ausschalten des Gerätes nicht verloren).

### Syntax

ADDRESS *Wert*

*Wert*

Der Parameter *Wert* ist eine Integer-Zahl im Bereich von 0 bis 31.

Einschaltzustand-Wert *Wert* = zuvor abgespeicherte Adresse (Standardwert = 22). Standardwert *Wert* = (nicht verfügbar). Dieser Parameter erfordert eine explizite Wertangabe.

### Anmerkungen

- Die Adresse 31 hat eine besondere Bedeutung: Wenn Sie diese Adresse spezifizieren, behält das Multimeter die zuletzt spezifizierte Adresse bei und wird als "Talk-Only"-Gerät (d. h. ein Gerät, das nur zum Senden von Daten und nicht zum Empfangen von Befehlen fähig ist) konfiguriert. In dieser Betriebsart werden die vom Multimeter erfassten Messwerte direkt an einen GPIB-Drucker ausgegeben (das ASCII-Ausgabeformat ist in diesem Fall obligatorisch). Im "Talk-Only"-Betrieb leuchtet die **TALK**-Anzeige des Multimeters. Wenn ein Steuercomputer am GPIB angeschlossen ist, können Sie die Adresse 31 nicht spezifizieren. Um den "Talk-Only"-Modus zu beenden, müssen Sie die **Reset**-Taste drücken oder eine andere Adresse als 31 spezifizieren.
- Der Steuercomputer hat in der Regel die Adresse 21. Die Steuercomputer-Adresse darf nicht auch noch für ein anderes am Bus angeschlossenes GPIB-Gerät benutzt werden.
- Wenn das Multimeter einen CMOS-RAM-Fehler (Hilfs-Fehlerregister-Bit 12) erkennt, setzt es seine Adresse auf 22.
- ADDRESS? Dieser Abfragebefehl liefert die aktuelle GPIB-Adresse des Multimeters zurück. Über die Frontplatte des Multimeters können Sie die aktuelle Adresse abfragen, indem Sie die **Address**-Taste (SHIFT-**Local**-Taste drücken).
- **Verwandte Befehle:** ID?

## APER

**"Apertur".** Dieser Befehl spezifiziert die A/D-Wandler-Integrationszeit in Sekunden.

### Syntax

APER [*Apertur*]

*Apertur*

Dieser Parameter spezifiziert die A/D-Wandler-Integrationszeit; die zuvor spezifizierte Integrationszeit oder Auflösung wird dabei überschrieben. Für *Apertur* muss ein Wert im Bereich von 0 bis 1 s spezifiziert werden; die Schrittweite beträgt 100 ns. (Wenn Sie einen Wert < 500 ns spezifizieren, wird die Mindest-Apertur von 500 ns verwendet).

Einschaltzustand-Wert *Apertur* = wird bestimmt durch den Einschaltzustand-Wert für NPLC, der eine Integrationszeit von 166.667 ms (für 60 Hz Netzfrequenz) bzw. 200 ms (für 50 Hz oder 400 Hz Netzfrequenz) spezifiziert.

Standardwert *Apertur* = 500 ns.

### Anmerkungen

- Da sowohl APER als auch NPLC die Integrationszeit spezifizieren, wird die zuvor mit dem jeweils anderen Befehl spezifizierte Integrationszeit überschrieben. Der Befehl RES oder der Parameter %\_Auflösung eines Messfunktionsbefehls oder des Befehls RANGE kann ebenfalls zum (indirekten) Spezifizieren der Integrationszeit verwendet werden. Wenn Sie die Auflösung auf folgende Weise spezifizieren, kommt es zu einer Interaktion zwischen APER und NPLC:

Wenn Sie den Befehl APER (oder NPLC) vor dem Spezifizieren der Auflösung senden, führt das Multimeter den Befehl aus, der die jeweils höhere Auflösung (längere Integrationszeit) spezifiziert.

Wenn Sie den Befehl APER (oder NPLC) nach dem Spezifizieren der Auflösung senden, verwendet das Multimeter die mit dem Befehl APER (bzw. NPLC) spezifizierte Integrationszeit; falls zuvor eine Auflösung spezifiziert wurde, wird diese ignoriert.

- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl APER? liefert die zuletzt spezifizierte A/D-Wandler-Integrationszeit (in Sekunden) zurück. Die Integrationszeit kann

mit einem der Befehle APER, NPLC oder RES spezifiziert werden oder mit dem Parameter %\_Auflösung eines Messfunktionsbefehls oder mit dem Befehl RANGE. Weitere Informationen hierzu siehe unter "[Abfragebefehle](#)" am Anfang dieses Kapitels.

- **Verwandte Befehle:** FUNC, NPLC, RANGE, RES

### Beispiel

```
OUTPUT 722; "APER 10E-6" !Spezifiziert eine Apertur von 10 Mikrosekunden
```

## ARANGE

**"Autorange"**. Aktiviert oder deaktiviert die "Autorange"-Funktion.

### Syntax

ARANGE [Modus]

Modus

Für den Parameter Modus stehen folgende Werte zur Auswahl:

| Modus | Numer.<br>Abfrage-<br>Äquivalent | Beschreibung   |
|-------|----------------------------------|--|
| OFF   | 0                                | "Autorange"-Funktion aus.  |
| ON    | 1                                | "Autorange"-Funktion ein.  |
| ONCE  | 2                                | Der Bereich wird einmal automatisch gewählt, danach wird die "Autorange"-Funktion deaktiviert. |

Einschaltzustand-Wert Modus = ON.

Einschaltzustand-Wert Modus = ON.

## Anmerkungen

- Bei aktiver "Autorange"-Funktion tastet das Multimeter das Eingangssignal vor jeder Messung ab und wählt den passenden Bereich.
- Unter den Beschreibungen der Befehle FUNC und RANGE finden Sie eine Auflistung der verfügbaren Bereiche der einzelnen Messfunktionen.
- Die "Autorange"-Funktion ist nicht verfügbar für "Direct-Sampling"- oder "Sub-Sampling"-Messungen (Befehl DSAC, DSDC, SSAC oder SSDC) sowie in Verbindung mit dem Abtastereignis TIMER oder dem Befehl SWEEP.
- Abfragebefehl Der Abfragebefehl ARANGE? liefert einen Wert zurück, der den aktuellen Zustand der "Autorange"-Funktion anzeigt. Weitere Informationen hierzu siehe unter "**Abfragebefehle**" am Anfang dieses Kapitels.
- **Verwandte Befehle:** FUNC, RANGE

## Beispiel

```
OUTPUT 722;"ARANGE OFF" !"Autorange"-Funktion deaktivieren
```

AUXERR?

**"Auxiliary Error".** Im Falle eines Hardwarefehlers wird ein Bit im Hilfs-Fehlerregister gesetzt. Der Abfragebefehl AUXERR? liefert das Dezimaläquivalent aller in diesem Register gesetzten Bits zurück. Nach Ausführung dieses Befehls wird das Register automatisch zurückgesetzt.

## Syntax

AUXERR?

## AUXERR-Fehlerzustände

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Bedeutungen und die Dezimaläquivalente der einzelnen Bits des AUXERR-Registers.

| Dezimaläquivalent | Bit-Nummer | Beschreibung                        |
|-------------------|------------|-------------------------------------|
| 1                 | 0          | Sekundärer Prozessor reagiert nicht |
| 2                 | 1          | DTACK-Fehler.                       |

| Dezimaläquivalent | Bit-Nummer | Beschreibung                                     |
|-------------------|------------|--|
| 4                 | 2          | Selbsttest sekundärer Prozessor fehlgeschlagen   |
| 8                 | 3          | Fehler beim Isolator-Test.                       |
| 16                | 4          | A/D-Wandler-Konvergenzfehler.                    |
| 32                | 5          | Kalibrierwert außerhalb des zulässigen Bereichs. |
| 64                | 6          | Fehler im GPIB-Chip                              |
| 128               | 7          | UART-Fehler.                                     |
| 256               | 8          | Timer-Fehler.                                    |
| 512               | 9          | Interne Übersteuerung.                           |
| 1024              | 10         | ROM-Prüfsummenfehler im niederwertigen Byte.     |
| 2048              | 11         | ROM-Prüfsummenfehler im hochwertigen Byte.       |
| 4096              | 12         | Fehler im nichtflüchtigen RAM.                   |
| 8192              | 13         | Fehler im Optionen-RAM.                          |
| 16384             | 14         | Schreib- oder Schutzfehler im Cal-RAM.           |

## Anmerkungen

- Das AUXERR-Register (Hilfs-Fehlerregister) zeigt Hardwarefehler an. Falls ein oder mehrere Bits dieses Registers gesetzt sind, muss das Multimeter kalibriert oder repariert werden.
- Der Abfragebefehl AUXERR? liefert den Wert 0 zurück, wenn keines der Register-Bits gesetzt ist.
- Falls mindestens ein Bit des AUXERR-Registers gesetzt ist, wird automatisch das Bit 0 (Hardwarefehler) des Fehlerregisters gesetzt. Durch das Auslesen des Hilfs-Fehlerregisters wird das Bit 0 des Fehlerregisters nicht zurückgesetzt. Zum Zurücksetzen des Fehlerregisters muss das Fehlerregister mit dem Befehl ERR? ausgelesen werden.
- Es ist nicht möglich, die Hilfs-Fehlerregister-Bits zu maskieren, sodass sie nicht das Fehlerregister-Bit 0 setzen.
- **Verwandte Befehle:** EMASK, ERR?, ERRSTR?, TEST

## Beispiel

```

10 OUTPUT 722;"AUXERR?"      !Inhalt des Hilfs-Fehlerregisters wird
15                           !ausgelesen
20 ENTER 722;A               !Dezimaläquivalent wird der Variablen A als
25                           !Wert zugewiesen
30 PRINT A                  !Dezimaläquivalent wird angezeigt
40 END

```

Beispiel: Angenommen, der Abfragebefehl AUXERR? liefert den Dezimalwert 3072 zurück. Das bedeutet, dass die Fehler mit den Dezimaläquivalenten 1024 (ROM-Prüfsummenfehler, niederwertiges Byte) und 2048 (ROM-Prüfsummenfehler, hochwertiges Byte) aufgetreten sind.

## AZERO

**"Autozero"**. Aktiviert oder deaktiviert die "Autozero"-Funktion. Die "Autozero"-Funktion betrifft nur Gleichspannungs-, Gleichstrom und Widerstandsmessungen.

### Syntax

AZERO [Modus]

*Modus*

Für den Parameter *Modus* stehen folgende Werte zur Auswahl:

| Modus | Numer.<br>Abfrage-<br>Äquivalent | Beschreibung  |
|-------|----------------------------------|---|
| OFF   | 0                                | Die Nullkalibrierung wird einmal aktualisiert, dann nur noch nach einer Änderung der Messfunktion, des Bereichs, der Apertur, des NPLC-Wertes oder der Auflösung. |
| ON    | 1                                | Die Nullpunktikalibrierung wird nach jeder Messung aktualisiert.  |
| ONCE  | 2                                | Die Nullkalibrierung wird einmal aktualisiert, dann nur noch nach einer Änderung der Messfunktion, des Bereichs, der Apertur, des NPLC-Wertes oder der Auflösung. |

Einschaltzustand-Wert Modus= ON.  
Einschaltzustand-Wert Modus = ON.

### Anmerkungen

- In der Betriebsart AUTOZERO ON führt das Multimeter nach jeder Messung eine "Autozero"-Offset-Messung (d. h. eine Messung bei abgetrenntem Eingangssignal) durch und subtrahiert deren Ergebnis vom Messwert. Die Messung dauert dadurch etwa doppelt so lang.
- Beachten Sie, dass die *Modus*-Werte OFF und ONCE die gleiche Wirkung haben. In der Betriebsart AZERO OFF oder ONCE führt das Multimeter nur eine einzige Offset-Messungen durch und subtrahiert den dabei ermittelten Offset-Wert von den nachfolgenden Messwerten. Nach Empfang des Befehls AZERO OFF oder AZERO ONCE erfolgt die Offset-Messung zum Zeitpunkt des nächstfolgenden Triggerfreigabeereignisses. Dies gilt für alle TARM-Ereignistypen außer TARM EXT; der Befehl TARM EXT löst eine sofortige Offset-Messung aus. Nach einer Änderung des Messfunktion, des Bereichs oder der Integrationszeit wird die "Autozero"-Offset-Messung automatisch aktualisiert, sobald das "Trigger arm"-Ereignis eintritt oder der Befehl TARM EXT ausgeführt wird).
- Bei deaktivierter "Autozero"-Funktion leuchtet die AZERO OFF-Anzeige.
- Bei DCI-Messungen kann die "Autozero"-Funktion nicht deaktiviert werden.
- Bei 2-Draht-Widerstandsmessungen mit aktiver Offset-Kompensation werden die Nullpunktmeßung und die Offset-Messung gleichzeitig ausgeführt.
- Bei 4-Draht-Widerstandsmessungen sollte die "Autozero"-Funktion stets aktiv sein. Falls Sie die "Autozero"-Funktion aus irgend einem Grund deaktivieren müssen, stellen Sie zuvor sämtliche Verbindungen zum Messobjekt her und stellen Sie sicher, dass sich der Widerstand der Messleitungen nicht ändert. Wenn Sie die "Autozero"-Funktion deaktivieren, bevor Sie das Messobjekt anschließen, oder wenn sich bei deaktivierter "Autozero"-Funktion der Widerstand der Messleitungen ändert (wie es beispielsweise bei Verwendung eines Multiplexers der Fall sein kann), werden die Ergebnisse der 4-Draht-Widerstandsmessung unter Umständen verfälscht.
- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl AZERO? liefert den aktuellen Zustand der "Autozero"-Funktion zurück. Weitere Informationen hierzu siehe unter "**Abfragebefehle**" am Anfang dieses Kapitels.
- **Verwandte Befehle:** DCI, DCV, FUNC, OHM, OHMF

## Beispiel

`OUTPUT 722; "AZERO OFF" !"Autozero"-Funktion aus`

## BEEP

Dieser Befehl aktiviert oder deaktiviert den Signalton. Im Zustand BEEP ON ertönt im Falle eines Fehlers ein 1-kHz-Piepton.

### Syntax

`BEEP [Modus]`

#### Modus

Für den Parameter *Modus* stehen folgende Werte zur Auswahl:

| <b>Modus</b> | <b>Numer.<br/>Abfrage-<br/>Äquivalent</b> | <b>Beschreibung</b>  |
|--------------|---|--|
| OFF          | 0   | Deaktiviert den Signalton.   |
| ON           | 1   | Aktiviert den Signalton.   |
| ONCE         | 2   | Der Signalton ertönt einmal, danach kehrt die Signaltonfunktion in den vorigen Zustand (OFF oder ON) zurück. |

Einschaltzustand-Wert *Modus* = zuletzt programmiert Wert.  
Standardwert *Modus* = ONCE.

### Anmerkungen

- Der Parameter *Modus* wird nichtflüchtig gespeichert (d. h. er geht beim Ausschalten des Gerätes nicht verloren).
- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl BEEP? liefert den aktuellen Modus der Signaltonfunktion zurück. Weitere Informationen hierzu siehe unter "["Abfragebefehle"](#) am Anfang dieses Kapitels.
- **Verwandte Befehle:** TONE

## Beispiel

```
OUTPUT 722;"BEEP OFF" !Signalton deaktivieren
```

## CAL

Dies ist ein Kalibrierbefehl. Einzelheiten hierzu siehe Kalibrierhandbuch zum 3458.

## CALL

**"Call Subprogramm"**. Dieser Befehl startet ein zuvor abgespeicherten Unterprogramm.

### Syntax

CALL [Name]

Name

Unterprogrammname. Ein Unterprogrammname kann bis zu zehn Zeichen enthalten. Der Name kann aus Buchstaben oder aus Buchstaben und Ziffern bestehen, oder eine ganze Zahl im Bereich von 0 bis 127 sein. Einzelheiten siehe Beschreibung des Befehls **SUB**.

Einschaltzustand-Wert Name = (nicht verfügbar).

Standardwert Name = 0.

### Anmerkungen

- Unterprogramme werden mit dem Befehl SUB erstellt.
- Nach Ausführung eines gespeicherten Unterprogramms setzt das Multimeter das Statusregister-Bit 0.
- Sie können sich die Namen aller gespeicherten Unterprogramme im Display anschauen, indem Sie über die Frontplatte den Befehl CALL wählen und dann die Pfeil-oben- oder Pfeil-unten-Taste drücken. Wenn Sie das gewünschte Unterprogramm gefunden haben, können Sie es durch Drücken der Enter-Taste starten.
- **Verwandte Befehle:** COMPRESS, CONT, DELSUB, PAUSE, SCRATCH, SUB, SUBEND

### Beispiele

```
OUTPUT 722;"CALL DCCUR2" !Unterprogramm mit dem Namen "DCCUR2" ausführen
```

## CALNUM?

**"Calibration Number"-Abfrage.** Dieser Abfragebefehl liefert einen Integer-Wert zurück, der angibt, wie oft das Multimeter kalibriert wurde.

### Syntax

```
CALNUM?
```

### Anmerkungen

- Nach jeder Kalibrierung des Multimeters wird der CALNUM-Wert um 1 erhöht. Falls die "Autocal"-Funktion passwortgeschützt ist, wird der CALNUM-Wert auch nach jeder Autokalibrierung um 1 erhöht; falls die "Autocal"-Funktion nicht passwortgeschützt ist, hat die Autokalibrierung keinen Einfluss auf den CALNUM-Wert.
- Der CALNUM-Wert wird nichtflüchtig und passwortgeschützt gespeichert.
- Das Multimeter wurde vor der Auslieferung im Werk kalibriert. Bei der Inbetriebnahme des Multimeters sollten Sie den anfänglichen CALNUM-Wert abfragen und notieren.
- **Verwandte Befehle:** CAL, CALSTR, SCAL

### Beispiel

```
10 OUTPUT 722;"CALNUM?"      !CALNUM-Wert abfragen
20 ENTER 722;A              !Abfrageantwort in den Steuercomputer einlesen
30 PRINT A                  !Antwort drucken
40 END
```

## CALSTR

**Calibration String (nur Fernsteuerungsbetrieb)**. Dieser Befehl schreibt den spezifizierten String in das nichtflüchtige Kalibrierdaten-RAM des Multimeters. Dieser String kann beispielsweise folgende Informationen enthalten: Innentemperatur des Multimeters zum Zeitpunkt der Kalibrierung (Befehl TEMP?), Kalibrierdatum, Name des durchführenden Technikers, und Fälligkeitsdatum der nächsten Kalibrierung.

### Syntax

CALSTR [*String*][,*Sicherheitscode*]

#### *String*

Dies ist die alphanumerische Information ("Kalibrier-Info"), die in das Kalibrierdaten-RAM geschrieben wird. Der Parameter *String* muss in (einfache oder doppelte) Anführungszeichen eingeschlossen sein. Die maximal zulässige String-Länge beträgt 75 Zeichen (wobei die Anführungszeichen nicht mitzählen).

#### *Sicherheitscode*

Wenn die Kalibrierung passwortgeschützt ist (Befehl SECURE), müssen Sie den Parameter *Sicherheitscode* spezifizieren, um eine Information in das Kalibrierdaten-RAM schreiben zu können. (Mit dem Befehl CALSTR? können Sie die Kalibrier-Info auch im passwortgeschützten Zustand abfragen). Informationen über den Passwortschutz des Kalibrierdaten-RAMs siehe Beschreibung des Befehls SECURE.

### Anmerkungen

- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl CALSTR? liefert den im Kalibrierdaten-RAM des Multimeters enthaltenen String zurück. Dies wird in den zweiten der nachfolgenden Beispiele gezeigt.
- **Verwandte Befehle:** CAL, CALNUM?, SCAL, SECURE

### Beispiele

CALSTR

```
OUTPUT 722;"CALSTR 'CALIBRATED 04/02/1987'"
```

```

CALSTR?
10 DIM A$[80]           !Dimensionierung einer String-Variablen
20 OUTPUT 722; "CALSTR?"!String abfragen
30 ENTER 722;A$         !String einlesen
40 PRINT A$              !String drucken
50 END

```

## COMPRESS

**"Compress Subprogram"**. Entfernt den ASCII-Text des spezifizierten Unterprogramms aus dem nichtflüchtigen Internspeicher. Dies spart Speicherkapazität, allerdings geht das betreffende Unterprogramm beim Ausschalten des Multimeters verloren.

### Syntax

COMPRESS *Name*

*Name*

Unterprogrammname. Ein Unterprogrammname kann bis zu zehn Zeichen enthalten. Der Name kann aus Buchstaben oder aus Buchstaben und Ziffern bestehen, oder eine ganze Zahl im Bereich von 0 bis 127 sein. Einzelheiten siehe Beschreibung des Befehls **SUB**.

Einschaltzustand-Wert *Name* = (nicht verfügbar).

Standardwert *Name* = (nicht verfügbar); explizite Wertangabe erforderlich.

### Anmerkungen

- Um eine Fragmentierung des Speichers zu vermeiden, sollten Sie sämtliche Unterprogramme einzeln komprimieren, bevor Sie weitere Unterprogramme herunterladen.
- Der Befehl COMPRESS kann nicht Bestandteil eines Unterprogramms sein.
- **Verwandte Befehle:** CALL, CONT, DELSUB, PAUSE, SCRATCH, SUB, SUBEND

## Beispiel

Der folgende Befehl komprimiert das (zuvor heruntergeladene) Unterprogramm TEST12.

```
OUTPUT 722;"COMPRESS TEST12"
```

CONT

**"Continue"**. Dieser Befehl bewirkt die Fortsetzung eines Unterprogramms, das zuvor mit dem Befehl PAUSE angehalten wurde.

## Syntax

CONT

## Anmerkungen

- Ein unterbrochenes Unterprogramm kann auch durch den GPIB-Universalbefehl GET (Group Execute Trigger) fortgesetzt werden.
- Es kann immer nur jeweils ein Unterprogramm im unterbrochenen Zustand sein. Wenn ein Unterprogramm unterbrochen ist und ein anderes gestartet und dann ebenfalls unterbrochen wird, wird das erste Unterprogramm beendet, und das zweite bleibt unterbrochen.
- **Verwandte Befehle:** PAUSE, SUB, SUBEND

## Beispiel

```
OUTPUT 722;"CONT"    !Ausführung des Unterprogramms fortsetzen
```

## CSB

**"Clear Status Byte".** Dieser Befehl setzt alle Statusregister-Bits auf 0 zurück.

### Syntax

CSB

### Anmerkungen

- Falls ein Gerätezustand, der ein Statusregister-Bit gesetzt hat, weiterhin existiert, wird das betreffende Bit unmittelbar nach Ausführung des Befehls CSB erneut gesetzt.
- Wenn das Bit 6 (Service Request) zurückgesetzt wird, setzt das Multimeter die SRQ-Leitung des GPIB auf FALSE.
- **Verwandte Befehle:** RQS, SPOLL (GPIB-Universalbefehl), STB?

Beispiel

```
OUTPUT 722;"CSB" !Statusregister zurücksetzen
```

## DCI, DCV

Siehe Beschreibung des Befehls **FUNC**.

## DEFEAT

Aktiviert oder deaktiviert den Eingangsschutz-Algorithmus des Multimeters (siehe VORSICHT-Hinweis weiter unten) sowie einige Syntaxüberprüfungs- und Fehlererkennungsalgorithmen. Wenn diese Algorithmen deaktiviert sind, werden Änderungen der Messkonfiguration schneller ausgeführt.

### Syntax

DEFEAT [Modus]

### Modus

Für den Parameter *Modus* stehen folgende Werte zur Auswahl:

| <b>Modus</b> | <b>Numer.<br/>Abfrage-<br/>Äquivalent</b> | <b>Beschreibung</b>   |
|--------------|---|---|
| OFF          | 0   | Aktiviert Eingangsschutz-, Syntaxüberprüfungs- und Fehlererkennungsalgorithmen.   |
| ON           | 1   | Deaktiviert Eingangsschutz-, Syntaxüberprüfungs- und Fehlererkennungsalgorithmen. |

Einschaltzustand-Wert *Modus* = OFF

Standardwert *Modus* = OFF.

### Anmerkungen

#### VORSICHT

Verwenden Sie DEFEAT ON nur dann, wenn Sie absolut sicher sind, dass die Multimeter-Eingangsspannung im Bereich 10 V und in den darunter liegenden Bereichen den Grenzwert  $\pm 100$  V Spitze nicht überschreitet. (In den Bereichen 100 V und 1000 V sind Eingangsspannungen bis zu  $\pm 1200$  V zulässig, unabhängig davon, ob das Multimeter sich im Zustand DEFEAT ON oder OFF befindet). DEFEAT ON deaktiviert die spezielle Eingangs-Schaltsequenz zum Schutz der Multimeter-Eingangsschaltung vor Überspannung. Falls in der Betriebsart DEFEAT ON eine Überlastung im Bereich 10 V oder darunter auftritt, aktiviert das Multimeter automatisch den Eingangsschutz und protokolliert intern, dass eine Überlastung stattgefunden hat; dies kann für die Gewährleistung von Bedeutung sein.

- Weil der Befehl DEFEAT ON auch bestimmte Syntaxüberprüfungs- und Fehlererkennungsalgorithmen deaktiviert, sollte dieser Befehl erst nach Abschluss und Debugging der Systemprogrammierung ausgeführt werden.
- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl DEFEAT? liefert den aktuellen DEFEAT-Zustand zurück. Weitere Informationen hierzu siehe unter "["Abfragebefehle"](#) am Anfang dieses Kapitels.

## Beispiel

`OUTPUT 722;"DEFEAT ON" !Deaktiviert Eingangsschutz-, Syntaxüberprüfungs- und Fehlererkennungsalgorithmen`

## DEFKEY

**"Define Key"**. Dieser Befehl ermöglicht es Ihnen, einer der benutzerdefinierbaren Funktionstasten (f0 bis f9) einen oder mehrere Befehle zuzuordnen. Wenn Sie eine solchermaßen programmierte Funktionstaste drücken, werden der zugeordnete Befehl (bzw. werden die zugeordneten Befehle) im Multimeter-Display angezeigt. Bei Betätigung der Enter-Taste wird der Befehl (bzw. werden die Befehle) in der angezeigten Reihenfolge ausgeführt. Der Befehl DEFKEY DEFAULT löscht alle vorgenommenen Tastendefinitionen.

### Syntax

`DEFKEY Nummer, String`

oder

`DEFKEY DEFAULT`

*Nummer*

Der Parameter *Nummer* ist ein Integer-Wert im Bereich von 0 bis 9 (oder F0 bis F9), der die gewünschte Funktionstaste spezifiziert.

Einschaltzustand-Wert *Nummer* = (nicht verfügbar).

Standardwert *Nummer* = 0.

*String*

Der Parameter *String* ist der Befehl (oder die Liste von Befehlen), der (die) der spezifizierten Funktionstaste zugeordnet werden soll (sollen). (Mehrere Befehle sind durch Strichpunkte voneinander zu trennen.) Der Parameter *String* muss in (einfache oder doppelte) Anführungszeichen eingeschlossen sein. Die maximal zulässige String-Länge beträgt 40 Zeichen (wobei die Anführungszeichen nicht mitzählen).

Einschaltzustand-Wert *String* = (nicht verfügbar).

Standardwert *String* = (nicht verfügbar, löscht alle zugeordneten *Strings*).

`DEFAULT`

Dieser Parameter löscht alle vorgenommenen Tastendefinitionen.

## Anmerkungen

- Tastendefinitionen, die über die Frontplatte eingegeben wurden, können auch über die Frontplatte editiert werden. Tastendefinitionen, die über den GPIB vorgenommen wurden, können nicht editiert werden.
- Der DEFKEY *String* darf keine eingebetteten Anführungszeichen enthalten. Das bedeutet, dass es nicht möglich ist, per benutzerdefinierter Funktionstaste mit dem Befehl DISP eine in Anführungszeichen eingeschlossene Meldung anzuzeigen. "Anführungszeichenlose" Meldungen können jedoch per benutzerdefinierter Funktionstaste mit dem Befehl DISP angezeigt werden (Beschränkungen bezüglich "anführungszeichenloser" Meldungen siehe unter der Beschreibung des Befehls DISP).
- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl DEFKEY? liefert den der spezifizierten Funktionstaste zugeordneten Parameter *String* zurück (siehe nachfolgendes Beispiel). Der vom Abfragebefehl DEFKEY? zurückgelieferte String ist in doppelte Anführungszeichen eingeschlossen (und zwar auch dann, wenn er beim Einspeichern in das Multimeter in einfache Anführungszeichen eingeschlossen war).
- **Verwandte Befehle:** LOCK, MENU

## Beispiele

DEFKEY

```
OUTPUT 722;"DEFKEY 1,'DCI 1;AZERO OFF;NPLC 0'" !Zuordnung der spezifizierten
Befehle an die Taste F1
```

Löschen aller Tastendefinitionen

```
OUTPUT 722;"DEFKEY DEFAULT" !Alle Tastendefinitionen werden gelöscht
```

DEFKEY?

```
10 OUTPUT 722;"DEFKEY? 1"      !Abfrage der Definition für Taste 1
20 ENTER 722;A$                !Einlesen der Tastendefinition in die
                                !Variable A$
30 PRINT A$                   !Anzeige der Definition
40 END
```

Das obige Programm könnte beispielsweise die folgende Antwort liefern:  
*"DCI 1;AZERO OFF;NPLC 0."* Falls der Taste DEFKEY 1 kein Befehl zugeordnet ist, ergibt die obige Abfrage: *"DEFKEY F1."*

## DELAY

Mit dem Befehl DELAY können Sie eine Verzögerungszeit spezifizieren, die zwischen dem Triggerereignis und dem ersten Abtastereignis eingefügt wird.

### Syntax

DELAY [Zeit]

Zeit

Dieser Parameter spezifiziert die Verzögerungszeit in Sekunden. Der Wert muss im Bereich von 1E-7 (100 ns) bis 6000 s liegen; die Schrittweite beträgt 10 ns für "Direct-Sampling"- oder "Sub-Sampling"-Messungen (DSAC, DSDC, SSAC oder SSDC) bzw. 100 ns für alle übrigen Messfunktionen. Wenn Sie den Wert 0 spezifizieren, verwendet das Multimeter die kürzestmögliche Verzögerungszeit.

Einschaltzustand-Wert Zeit = (abhängig von Messfunktion, Bereich, Auflösung und ACBAND-Wert).

Standardwert Zeit = (abhängig von Messfunktion, Bereich, Auflösung und ACBAND-Wert).

### Anmerkungen

- Falls kein expliziter Wert für DELAY spezifiziert wurde, wird der Standardwert automatisch angepasst, wenn die Messfunktion (DCV, ACV usw.), der Bereich, die Auflösung oder die AC-Bandbreiteneinstellung (Befehl ACBAND) geändert wird.
- **Abfragebefehl.** der Abfragebefehl DELAY? liefert die aktuelle Verzögerungszeit in Sekunden zurück. Weitere Informationen hierzu siehe unter "[Abfragebefehle](#)" am Anfang dieses Kapitels.
- **Verwandte Befehle:** NRDGS, SWEEP, TIMER, TRIG

## Beispiele

```
OUTPUT 722;"DELAY 5"      !Fügt eine Verzögerung von fünf Sekunden ein
OUTPUT 722;"DELAY -1"     !Rückkehr zur automatischen Wahl der Verzöge-
                           !rungszeit (Standardwert)
```

## DELSUB

**"Delete Subprogram".** Entfernt das spezifizierte Unterprogramm aus dem Internspeicher.

### Syntax

DELSUB Name

Name

Unterprogrammname. Ein Unterprogrammname kann bis zu zehn Zeichen enthalten. Der Name kann aus Buchstaben oder aus Buchstaben und Ziffern bestehen, oder eine ganze Zahl im Bereich von 0 bis 127 sein. Einzelheiten siehe Beschreibung des Befehls **SUB**.

Einschaltzustand-Wert *Name* = (nicht verfügbar).

Standardwert *Name* = (nicht verfügbar); explizite Wertangabe erforderlich.

### Anmerkungen

- Wenn ein Unterprogramm gelöscht wird, wird der betreffende Speicherbereich freigegeben und kann anschließend zum Speichern eines anderen Unterprogramms verwendet werden (siehe Beschreibung des Befehls **SUB**).
- Mit dem Befehl SCRATCH können Sie sämtliche Unterprogramme gleichzeitig löschen.
- **Verwandte Befehle:** COMPRESS, SCRATCH, SUB

### Beispiel

```
OUTPUT 722;"DELSUB TEST12"  !Unterprogramm TEST12 wird gelöscht
```

## DIAGNOST

Dies ist ein Service-Befehl. Einzelheiten hierzu siehe Service-Handbuch zum 3458A.

## DISP

**Display.** Dieser Befehl aktiviert oder deaktiviert das Multimeter-Display und kann auch dazu verwendet werden, eine Meldung im Display anzuzeigen oder aus dem Display zu entfernen.

### Syntax

DISP [Modus] [,Nachricht]

#### Modus

Für den Parameter *Modus* stehen folgende Werte zur Auswahl:

| Modus | Numer.<br>Abfrage-<br>Äquivalent | Beschreibung  |
|-------|----------------------------------|---|
| OFF   | 0                                | Falls eine Meldung spezifiziert wurde, wird diese angezeigt (falls keine Meldung spezifiziert wurde, werden Strichelchen angezeigt); alle Anzeigen außer ERR werden deaktiviert; es werden keine Messwerte mehr angezeigt, und das Display wird nur noch in Reaktion auf Tastatureingaben oder Abfragebefehle aktualisiert. |
| ON    | 1                                | Normale Display-Betriebsart (Einschalt-Zustand).  |
| MSG   | 2                                | Die spezifizierte Meldung wird angezeigt, die Anzeigen sind weiterhin aktiv.  |
| CLR   | 3                                | Das Display wird gelöscht.  |

Einschaltzustand-Wert *Modus*= ON.

Standardwert *Modus* = ON.

### Meldung

Der Parameter *Meldung* spezifiziert die anzuzeigende Meldung. Die Meldung kann Zwischenraumzeichen, Ziffern, Klein- oder Großbuchstaben und folgende Sonderzeichen enthalten:

```
! # $ % & ' ( ) ^ \ / @ ; : [ ] , . + - = * < > ? _
```

### Anmerkungen

- Die Meldung muss nur dann in Anführungszeichen eingeschlossen werden, wenn sie ein Zwischenraumzeichen, ein Komma oder einen Strichpunkt enthält. Sie können wahlweise einfache oder doppelte Anführungszeichen (' oder ") verwenden, dürfen die beiden Typen jedoch nicht miteinander kombinieren.
- Eine Meldung kann bis zu 75 Zeichen lang sein (wobei etwaige Anführungszeichen nicht mitzählen).
- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl DISP? liefert den aktuellen Modus zurück. Weitere Informationen hierzu siehe unter "[Abfragebefehle](#)" am Anfang dieses Kapitels.
- **Verwandte Befehle:** NDIG

### Beispiele

Der folgende Befehl veranlasst das Multimeter dazu, die Meldung TIME-OUT anzuzeigen und danach das Display nicht mehr zu aktualisieren.

```
OUTPUT 722;"DISP OFF,TIME-OUT" !Meldung = TIME-OUT
```

Bei dem folgenden Befehl muss die Meldung in Anführungszeichen eingeschlossen sein, weil sie ein Zwischenraumzeichen enthält.

```
OUTPUT 722;"DISP MSG,'TIME OUT'" !Meldung = TIME OUT
```

## DSAC, DSDC

**"Direct-Sampling".** Dieser Befehl konfiguriert das Multimeter für "Direct-Sampling"-Messungen (Digitalisierung). Die Messfunktion DSAC erfasst nur die AC-Komponente des Eingangssignals. Die Messfunktion DSDC erfasst die AC- und DC-Komponenten. Ansonsten sind die beiden Funktionen identisch. Die Funktionen DSAC und DSDC verwenden die "Track-and-hold"-Schaltung (2 ns Apertur) und einen breitbandigen Eingangssignalpfad (12 MHz Bandbreite).

### Syntax

DSAC [*max.\_Eingangswert*] [, %-Auflösung]

DSDC [*max.\_Eingangswert*] [, %-Auflösung]

*max.\_Eingangswert*

Dieser Parameter wählt indirekt den Messbereich. (Die "Autorange"-Funktion ist für "Direct-Sampling"-Messungen nicht verfügbar). Zur Vorgabe eines Bereichs müssen Sie die zu erwartende Spitzenamplitude des Eingangssignals als *max.\_Eingangswert* spezifizieren. Das Multimeter wählt anhand dieses Wertes den passenden Bereich. Die zulässigen Werte für *max.\_Eingangswert* und die dadurch spezifizierten Bereiche sind aus der nachfolgenden Tabelle ersichtlich.

| <i>max._Eingangswert</i> | Entsprechender Bereich | Bereichsendwert |             |
|--------------------------|------------------------|-----------------|-------------|
|                          |                        | SINT format     | DINT format |
| 0 bis 0.012              | 10 mV                  | 12 mV           | 50 mV       |
| >0.012 bis 0.120         | 100 mV                 | 120 mV          | 500 mV      |
| >0.120 bis 1.2           | 1 V                    | 1.2 V           | 5.0 V       |
| >1.2 bis 12              | 10 V                   | 12 V            | 50 V        |
| >12 bis 120              | 100 V                  | 120 V           | 500 V       |
| >120 bis 1E3             | 1000 V                 | 1050 V          | 1050 V      |

Einschaltzustand-Wert *max.\_Eingangswert*= (nicht verfügbar). Standardwert *max.\_Eingangswert* = 10 V.

### *%\_Auflösung*

Dieser Parameter wird vom Multimeter ignoriert, wenn er mit dem Befehl DSAC oder DSDC gesendet wird. Aus Gründen der Konsistenz mit anderen Messfunktionsbefehlen (FUNC, ACT, DCV usw.) ist er jedoch syntaktisch erlaubt.

### Anmerkungen

- Die "Autorange"-Funktion ist für "Direct-Sampling"-Messungen nicht verfügbar. Statt dessen müssen Sie den gewünschten Bereich als ersten Parameter (*max.\_Eingangswertparameter*) des Befehls DSAC oder DSDC spezifizieren.
- Beachten Sie, dass beim DINT-Speicher-/Ausgabeformat die Bereichsendwerte für "Direct-Sampling" 500% (das Fünffache) der Bereiche 10 mV, 100 mV, 1 V, 10 V und 100 V betragen. Dies ist besonders wichtig beim Spezifizieren des Prozentsatzes für die Pegeltriggerung. Der Befehl LEVEL spezifiziert den Triggerpegel in Prozent des Messbereichs. Beispiel:  
Angenommen, das Eingangssignal hat eine Spitzenamplitude von 20 V und die Messung erfolgt im Bereich 10 V. Wenn das Multimeter 15 V triggern soll, müssen Sie einen Pegeltriggerung-Prozentsatz von 150% (Befehl LEVEL 150) spezifizieren. (Bei Signalfrequenzen >2 MHz und einer Amplitude von >120% des Bereichs kann die Slew-Rate des Messverstärkers überschritten werden; Signale mit einer Amplitude von <120% des Bereichs und Frequenzen bis zu 12 MHz verursachen keine Slew-Rate-bedingten Messfehler.)
- Die Triggerhierarchie des Multimeters (Triggerfreigabeereignis, Triggerereignis und Abtastereignis) gilt auch für "Direct-Sampling"-Messungen. Das bedeutet, dass nur dann Messwerte erfasst werden, wenn diese Ereignisse in der richtigen Reihenfolge eintreten. Weitere Informationen über die Triggerhierarchie siehe Kapitel 4. Für "Direct-Sampling"-Messungen können Sie wahlweise das Abtastereignis TIMER und den Befehl NRDGS n,TIMER verwenden; oder den Befehl SWEEP (letzterer ist einfacher zu programmieren). Die Befehle NRDGS und SWEEP sind Alternativen zueinander; das Multimeter wendet den jeweils zuletzt empfangenen Befehl aus. (Bei Verwendung des Befehls SWEEP wird das Abtastereignis automatisch auf TIMER abgeändert.)
- Wenn bei "Direct-Sampling"-Messungen der Spitzenwert des Eingangssignals <120% des spezifizierten Bereichs beträgt, sollten Sie das SINT-Speicher-/Ausgabeformat verwenden. Wenn der Spitzenwert des Eingangssignals  $\geq$  120% des Bereichs beträgt, sollten Sie das DINT-Speicher-/Ausgabeformat verwenden. (SINT und DINT sind die internen A/D-Wandler-Formate; bei

Verwendung des passenden Speicher-/Ausgabeformats ist keine Formatkonvertierung erforderlich.)

- **Verwandte Befehle:** DSDC, FUNC, LEVEL, LFILTER, SLOPE, NRDGS, PRESET FAST, PRESET DIG, SSAC, SSDC, SSPARM?, SWEEP, TARM, TIMER, TRIG

### Beispiel

Das folgende Programm ist ein Beispiel für eine "Direct-Sampling"-Messung mit DC-Kopplung. Der Befehl SWEEP spezifiziert 200 Messwerte mit einem Sampling-Intervall von 30 µs. Die Pegeltriggerung erfolgt auf 250% des Bereichs 10 V (250% von 10 V = 25 V). Die Messwerte werden im DINT-Format in den Messwertspeicher geschrieben. Anschließend werden die Messwerte zum Steuercomputer übertragen und dort konvertiert und angezeigt. Wenn Sie die Zeile 110 entfernen, werden die Messwerte direkt zum Steuercomputer übertragen, statt in den Messwertspeicher. In diesem Fall müssen jedoch der GPIB und der Steuercomputer in der Lage sein, Messwerte mit einer Rate von mindestens 134 kBytes/s zu übertragen bzw. einzulesen, da sonst der Fehler TRIGGER TOO FAST auftritt. Weitere Informationen siehe unter "Messwertübertragung über den GPIB" in Kapitel 4.

```

10 OPTION BASE 1           !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 INTEGER Num_samples,I,J,K   !Integer-Variablen deklarieren
30 Num_samples = 200          !200 Messwerte
30 ASSIGN @Dvm TO 722         !Multimeteradresse zuweisen
40 ASSIGN @Buffer TO BUFFER [4*Num_samples!Puffer-I/O-Pfadname zuweisen
45 !(4 Bytes/Messwert * 200 Messwerte = 800 Bytes)
50 ALLOCATE REAL Samp(1:Num_samples)!Real-Array für Messwerte deklarieren
60 OUTPUT @Dvm;"PRESET FAST"    !DINT-Formate, Triggerfreigabeereignis
65                                !SYN, Triggerereignis AUTO
70 OUTPUT @Dvm;"SWEEP 30E-6,200" !Effektives Abtastintervall 30 µs,
75                                !200 Messungen
80 OUTPUT @Dvm;"DSDC 10"        !"Direct-Sampling", Bereich 10 V
90 OUTPUT @Dvm;"LEVEL 250, DC"  !Pegeltriggerung bei 250% des Bereichs
95                                !(25 V)
100 OUTPUT @Dvm;"TRIG LEVEL"   !Triggerereignis LEVEL
110 OUTPUT @Dvm;"MEM FIFO"     !Messwertspeicher aktivieren, FIFO-Modus
120 TRANSFER @Dvm TO @Buffer;WAIT !Messwerte zum Steuercomputer übertragen
130 OUTPUT @Dvm;"ISCALE?"      !Skalierungsfaktor für DINT-Format
135                                !abfragen
140 ENTER @Dvm;S               !Skalierungsfaktor einlesen
150 FOR I=1 TO Num_samples
160 ENTER @Buffer USING "#,W,W";J,K  !Je ein 16-Bit-Zweierkomplement-Wort
161 !in die Variablen J und K einlesen (# = Befehlsabschluss ist nicht

```

```

165 !erforderlich) W = Daten als 16-Bit-Zweierkomplement-Integer einlesen)
170 Samp(I)=(J*65536.+K+65536.)*(K<0))!Wert in Real-Format konvertieren
180 R=ABS(Samp(I))           !Anhand des absoluten Wertes auf
181                         !Bereichsüberschreitung überprüfen
190 IF R>2147483647 THEN PRINT "OVLD"!Falls Bereichsüberschreitung,
191                         !Meldung anzeigen
200 Samp(I)=Samp(I)*S       !Skalierungsfaktor anwenden
210 Samp(I)=DROUND(Samp(1),8) !Konvertierten Messwert runden
220 PRINT Samp(I)           !Messwerte ausdrucken
230 NEXT I
240 END

```

## EMASK

**"Error Mask"**. Dieser Befehl befähigt den spezifizierten Fehlerzustand oder die spezifizierten Fehlerzustände dazu, das Statusregister-Bit 5 (Fehler-Bit) zu setzen.

### Syntax

EMASK [*Wert*]

*Wert*

Um einen Fehlerzustand "statusregisterbit-fähig" zu machen (d. h. ihn zu befähigen, das Statusregister-Fehler-Bit zu setzen), müssen Sie dessen Dezimaläquivalent als *Wert* spezifizieren. Um mehr als einen Fehlerzustand "statusregisterbit-fähig" zu machen, müssen Sie die Summe der entsprechenden Dezimaläquivalente spezifizieren. Die nachfolgende Tabelle zeigt die einzelnen Fehlerzustände und deren Dezimaläquivalente.

| Dezimaläquivalent | Bit-Nummer | Fehlerzustand   |
|-------------------|------------|---|
| 1                 | 0          | Hardwarefehler (weitere Informationen siehe unter <a href="#">AUXERR?</a> ) |
| 2                 | 1          | Kalibrierfehler   |
| 4                 | 2          | Zu schnelle Triggerung  |
| 8                 | 3          | Syntaxfehler  |
| 16                | 4          | Befehl im Fernsteuerungsbetrieb nicht zulässig (Befehl ADDRESS)             |
| 32                | 5          | Undefinierter Parameter empfangen   |

| Dezimaläquivalent | Bit-Nummer | Fehlerzustand  |
|-------------------|------------|--|
| 64                | 6          | Parameter außerhalb des zulässigen Bereichs  |
| 128               | 7          | Speicherfehler   |
| 256               | 8          | Überlastung erkannt, die zur Beschädigung des Gerätes führen kann  |
| 512               | 9          | Unkalibriert   |
| 1024              | 10         | Kalibrierung erforderlich  |
| 2048              | 11         | Einstellungskonflikt (Speicher für "Sub-Sampling"-Messung unpassend konfiguriert)  |
| 4096              | 12         | Math-Fehler (Division durch 0, Integer-Überlauf usw.)  |
| 8192              | 13         | Unterprogrammfehler (Aufruf eines gelöschten Unterprogramms, CONT ohne PAUSE, SUBEND oder PAUSE nur in Sub erlaubt, SCRATCH, DELSUB, CONT in Sub unzulässig) |
| 16384             | 14         | Systemfehler   |

Einschaltzustand-Wert Wert = 32767 (alle Zustände "statusregisterbit-fähig"). Standardwert Wert = 32767 (alle Zustände "statusregisterbit-fähig").

### Anmerkungen

- Wenn ein Fehler auftritt, wird das entsprechende Bit des *Fehlerregisters* gesetzt, unabhängig davon, ob der betreffende Fehler mit dem Befehl EMASK "statusregisterbit-fähig" gemacht wurde oder nicht. Wenn Sie einen Fehler "maskieren" (d. h. das betreffende Fehlerregisterbit mit dem Befehl EMASK auf 0 setzen), bewirkt dies lediglich, dass der betreffende Fehler nicht in der Lage ist, das Fehlerbit des *Statusregisters* zu setzen und dadurch eine Bedienungsanforderung (SRQ) auszulösen.
- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl EMASK? liefert das Dezimaläquivalent aller gesetzten Fehlerregisterbits zurück (siehe nachfolgendes Beispiel).
- **Verwandte Befehle:** AUXERR?, ERR?, ERRSTR?, RQS, STB?

## Beispiele

```

OUTPUT 722;"EMASK 4"           !Fehler TRIGGER TOO FAST wird "status-
                                !registerbit-fähig"
OUTPUT 722;"EMASK 248"          !Die Fehler 8, 16, 32, 64 und 128 werden
                                !"statusregisterbit-fähig"
OUTPUT 722;"EMASK 0"            !Alle Fehler werden maskiert
10 OUTPUT 722; "EMASK?"         !EMASK-Wert abfragen
20 ENTER 722;A                 !Antwort einlesen
30 PRINT A                      !Wert anzeigen
40 END

```

END

Der Befehl END aktiviert oder deaktiviert die GPIB-Funktion "End Or Identify" (EOI).

## Syntax

END [Modus]

*Modus*

Für den Parameter *Modus* stehen folgende Werte zur Auswahl:

| <i>Modus</i> | Numer.<br>Abfrage-<br>Äquivalent | Beschreibung  |
|--------------|----------------------------------|---|
| OFF          | 0                                | EOI-Leitung wird niemals auf TRUE gesetzt.  |
| ON           | 1                                | Bei Mehrfachmessungen (SWEEP oder NRDGS >1) wird die EOI-Leitung zum Zeitpunkt des letzten Bytes des letzten gesendeten Messwerts auf TRUE gesetzt. Bei Einfachmessungen wird die EOI-Leitung zum Zeitpunkt des letzten Bytes eines jeden Messwerts auf TRUE gesetzt. |
| ALWAYS       | 2                                | Die EOI-Leitung wird zum Zeitpunkt des letzten Bytes eines jeden Messwerts auf TRUE gesetzt.  |

Einschaltzustand-Wert *Modus*= OFF.  
Standardwert *Modus* = ALWAYS.

## Anmerkungen

- Jeder im ASCII-Format über den GPIB ausgegebene Messwert wird normalerweise durch Wagenrücklauf/Zeilenvorschub-Codes *cr lf* abgeschlossen. Die *cr lf*-Codes werden von den meisten Steuercomputern als "Ende der Übertragung" interpretiert. Bei den anderen Ausgabeformaten werden Messwerte nicht durch *cr lf* abgeschlossen. Wenn jedoch mit dem Befehl RMEM mehrere Messwerte im ASCII-Format aus dem Messwertspeicher abgefragt werden, werden diese jeweils durch ein Komma voneinander getrennt. In diesem Fall wird nur der letzte Messwert der abgerufenen Gruppe durch *cr lf* abgeschlossen. Die Trennung durch Kommas entfällt, wenn Messwerte direkt auf den GPIB ausgegeben werden (wie es bei deaktiviertem Messwertspeicher der Fall ist), wenn Messwerte per "impliziertem Lesen" abgefragt werden oder wenn ein Nicht-ASCII-Format verwendet wird.
- Informationen darüber, wie Ihr Computer auf das EOI-Signal reagiert, entnehmen Sie bitte dem Handbuch zu Ihrem Computer.
- Wenn das Multimeter im "High-Speed"-Modus betrieben wird und END ALWAYS spezifiziert wurde, wird der EOI-Modus für die Dauer der Messwerterfassung automatisch auf ON abgeändert. Nach Abschluss der Messungen wird der EOI-Modus automatisch wieder auf ALWAYS abgeändert. Weitere Informationen über den "High-Speed"-Modus siehe unter "[Erhöhen der Messrate](#)" in [Kapitel 4](#).
- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl END? liefert den aktuellen EOI-Modus zurück. Weitere Informationen hierzu siehe unter "[Abfragebefehle](#)" am Anfang dieses Kapitels.
- **Verwandte Befehle:** OFORMAT

## Beispiel

```
OUTPUT 722;"END ALWAYS" ! EOI-Funktion aktivieren
```

ERR?

**"Error Query"**. Wenn ein Fehler auftritt, wird das entsprechende Bit des Fehlerregisters gesetzt, und die ERR-Anzeige leuchtet auf. Der Abfragebefehl ERR? liefert das Dezimaläquivalent aller gesetzten Fehlerregisterbits zurück, löscht das Register und schaltet die ERR-Anzeige ab.

## Syntax

ERR?

## Fehlerzustände

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Bedeutungen und die Dezimaläquivalente der einzelnen Bits des Fehlerregisters.

| Dezimaläquivalent | Bit-Nummer | Fehlerzustand   |
|-------------------|------------|---|
| 1                 | 0          | Hardwarefehler (weitere Informationen siehe unter <a href="#">AUXERR?</a> )       |
| 2                 | 1          | Kalibrierfehler   |
| 4                 | 2          | Zu schnelle Triggerung  |
| 8                 | 3          | Syntaxfehler  |
| 16                | 4          | Befehl im Fernsteuerungsbetrieb nicht zulässig (Befehl ADDRESS)                   |
| 32                | 5          | Undefinierter Parameter empfangen   |
| 64                | 6          | Parameter außerhalb des zulässigen Bereichs                                       |
| 128               | 7          | Speicherfehler  |
| 256               | 8          | Überlastung erkannt, die zur Beschädigung des Gerätes führen kann                 |
| 512               | 9          | Unkalibriert  |
| 1024              | 10         | Kalibrierung erforderlich   |
| 2048              | 11         | Einstellungskonflikt (Speicher für "Sub-Sampling"-Messung unpassend konfiguriert) |
| 4096              | 12         | Math-Fehler (Division durch 0, Integer-Überlauf usw.)                             |

| Dezimaläq<br>uiivalent | Bit-<br>Nummer | Fehlerzustand   |
|------------------------|----------------|---|
| 8192                   | 13             | Unterprogrammfehler (Aufruf eines gelöschten Unterprogramms, CONT ohne PAUSE, SUBEND, oder nur PAUSE in Sub erlaubt, SCRATCH, DELSUB, CONT in Sub unzulässig) |
| 16384                  | 14             | Systemfehler  |

### Anmerkungen

- Der Abfragebefehl ERR? liefert den Wert 0 zurück, wenn keines der Fehlerregisterbits gesetzt ist.
- Wenn das Bit 0 (Dezimaläquivalent = 1) des Fehlerregisters gesetzt ist, liegt ein Hardwarefehler vor, der ein Bit im Hilfs-Fehlerregister gesetzt hat; Einzelheiten hierzu siehe Beschreibung des Befehls **AUXERR?**.
- Der Befehl ERR? setzt das Fehlerbit des Statusregisters (Bit 5) zurück.
- **Verwandte Befehle:** AUXERR?, EMASK, ERRSTR?

### Beispiel

```

10 OUTPUT 722;"ERR?"           !Inhalt des Fehlerregisters wird ausge-
                                !lesen, Fehlerregister wird gelöscht
20 ENTER 722;A                 !Dezimaläquivalent wird der Variablen A als
25                               !Wert zugewiesen
30 PRINT A                      !Antwort anzeigen
40 END

```

### ERRSTR?

**"Error String"-Abfrage.** Der Abfragebefehl ERRSTR? liest das niedrigstwertige gesetzte Bit des Fehlerregisters oder Hilfs-Fehlerregisters und setzt dann dieses Bit zurück. ERRSTR? liefert zwei durch Kommas getrennte Werte zurück. Der erste Wert ist eine Fehlernummer (100er Gruppe = Fehlerregister; 200er Gruppe = Hilfs-Fehlerregister) und der zweite Wert eine alphanumerische Fehlermeldung (String).

### Syntax

ERRSTR?

## Anmerkungen

- Der vom Abfragebefehl ERRSTR? zurückgelieferte String hat eine Länge von maximal 255 Zeichen.
- Der Abfragebefehl ERRSTR? liest immer nur das niedrigstwertige gesetzte Bit eines Registers und setzt dieses anschließend zurück. Wenn mehrere Registerbits gesetzt sind, müssen Sie den Abfragebefehl ERRSTR? mehrmals senden, um die Fehlernummern/Fehlermeldungen nacheinander einzulesen und die Bits zurückzusetzen. Nach dem Auslesen und Zurücksetzen aller gesetzten Bits (oder wenn in keinem der beiden Register ein Bit gesetzt ist) liefert ERRSTR? die Antwort 0, "NO ERROR". Nach dem Zurücksetzen der Hilfs-Fehlerregister- und Fehlerregisterbits wird auch das Fehlerbit (Bit 5) des Statusregisters zurückgesetzt.
- Wenn das Bit 0 des Fehlerregisters gesetzt ist, bedeutet dies, dass ein oder mehrere Bits des Hilfs-Fehlerregisters gesetzt sind. In diesem Fall liest und löscht der Befehl ERRSTR? zuerst die gesetzten Bits des Hilfs-Fehlerregisters. Nach dem Auslesen aller im Hilfs-Fehlerregister dokumentierten Fehler wird das Bit 0 des Fehlerregisters zurückgesetzt; anschließend kann der Befehl ERRSTR? dazu verwendet werden, etwaige weitere Fehler aus dem Fehlerregister auszulesen.
- **Verwandte Befehle:** AUXERR?, EMASK, ERR?, QFORMAT

## Beispiel

```

10 OPTION BASE 1           !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 DIM A$[200]             !Dimensionierung einer String-Variablen
30 OUTPUT 722;"ERRSTR?"   !Fehlermeldung einlesen
40 ENTER 722; A,A$        !Der numerische Teil der Fehlermeldung wird
45                         !in die Variable A eingelesen, der String-
46                         !Teil in A$
50 PRINT A,A$              !Antworten anzeigen
60 IF A>0 THEN GOTO 30     !Schleife zum sequentiellen Einlesen der
65                         !einzelnen Fehlermeldungen
70 END

```

## EXTOUT

**"External Output".** Dieser Befehl spezifiziert das Ereignis, das ein Signal ("EXTOUT-Signal") am rückseitigen Ext Out-Anschluss generiert. Außerdem spezifiziert dieser Befehl die Polarität des EXTOUT-Signals.

### Syntax

EXTOUT [*Ereignis*][,*Polarität*]

#### *Ereignis*

Für den Parameter *Ereignis* stehen folgende Werte zur Auswahl:

| <i>Ereignis</i> | Numer.<br>Abfrage-<br>Äquivalent | Beschreibung  |
|-----------------|----------------------------------|---|
| OFF             | 0                                | EXTOUT ist inaktiv.   |
| ICOMP           | 1                                | "Input complete". Ein 1 µs-Impuls wird ausgegeben, sobald der A/D-Wandler einen Abtastwert integriert hat bzw. (bei "Direct-Sampling"- oder "Sub-Sampling"-Messungen) sobald die "Track-and-hold"-Schaltung einen Abtastwert erfasst hat. |
| ONCE            | 2                                | Ein 1 µs-Impuls wird bei Ausführung des Befehls EXTOUT ONCE ausgegeben; anschließend wird der Modus automatisch auf OFF abgeändert.   |
| APER            | 3                                | Apertur-Signal. (Für die Dauer der A/D-Wandler-Messung wird der spezifizierte Pegel ausgegeben).  |
| BCOMP           | 4                                | "Burst complete". Nach jeder Gruppe von Messungen wird ein 1 µs-Impuls ausgegeben.  |
| SRQ             | 5                                | Ein Statusereignis ist aufgetreten. Es wird ein 1 µs-Impuls ausgegeben, wenn ein SRQ-fähiges Statusereignis auftritt. (Siehe zweite Anmerkungen weiter unten.)  |
| RCOMP           | 6                                | "Reading complete". Nach jeder Messung wird ein 1 µs-Impuls ausgegeben.   |

Einschaltzustand-Wert *Ereignis* = ICOMP.  
Standardwert *Ereignis* = ICOMP.

### Polarität

Dieser Parameter spezifiziert die Polarität des EXTOUT-Signals. Es stehen folgende Werte zur Auswahl:

| Polarität | Numer.<br>Abfrage-<br>Äquivalent | Beschreibung         |
|-----------|----------------------------------|----------------------|
| NEG       | 0                                | Negative TTL-Flanke. |
| POS       | 1                                | Positive TTL-Flanke. |

Einschaltzustand-Wert *Polarität* = NEG.

Standardwert *Polarität* = NEG.

### Anmerkungen

- Alle Ereignisse außer APER generieren einen 1 µs-Impuls am EXTOUT-Anschluss. Wenn APER spezifiziert wurde, wird statt dessen das Apertursignal des A/D-Wandlers ausgegeben. Die Anstiegsflanke des EXTOUT-Signals ist die Antwort auf das Ereignis. Detaillierte Beschreibungen der obigen Ereignisse finden Sie unter "[EXTOUT-Signal](#)" in [Kapitel 4](#).
- Wenn ein Statusereignis das SRQ-Statusregisterbit setzt, bleibt dieses Bit so lange gesetzt, bis es (beispielsweise mit dem Befehl CSB) zurückgesetzt wird. Wenn EXTOUT SRQ spezifiziert wurde, wird immer dann ein Impuls ausgegeben, wenn ein Statusereignis eintritt, das mit dem Befehl RQS "SRQ-fähig" gemacht wurde. Damit der EXTOUT-SRQ-Impuls ausgegeben wird, reicht es nicht aus, dass das SRQ-Bit gesetzt ist; zusätzlich muss auch ein SRQ-fähiges Statusereignis eintreten.
- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl EXTOUT? liefert zwei durch Kommas getrennte Werte zurück. Der erste Wert gibt das derzeit spezifizierte EXTOUT-Ereignis an. Der zweite Wert gibt die spezifizierte *Polarität* an. Weitere Informationen hierzu siehe unter "[Abfragebefehle](#)" am Anfang dieses Kapitels.
- **Verwandte Befehle:** NRDGS, SRQ, STB?, SWEEP, TBUFF

### Beispiel

```
OUTPUT 722;"EXTOUT APER"      !EXTOUT-Ereignis = Apertursignal
```

## FIXEDZ

Der Befehl FIXEDZ aktiviert oder deaktiviert den festen Eingangswiderstand für Gleichspannungsmessungen. Im Zustand FIXEDZ ON beträgt der Eingangswiderstand in allen Bereichen konstant 10 Megohm. Dadurch werden Messfehler infolge von Eingangswiderstandsänderungen bei Bereichsumschaltungen vermieden.

### Syntax

**FIXEDZ [Modus]**

*Modus*

Für den Parameter *Modus* stehen folgende Werte zur Auswahl:

| <b>Modus</b> | <b>Numer.<br/>Abfrage-<br/>Äquivalent</b> | <b>Beschreibung</b> | <b>Eingangswiderstand</b>             |  |
|--------------|---|---------------------|---------------------------------------|--|
|              |   |                     | <b>DCV-Bereiche.<br/>1V, 1V, 10 V</b> | <b>DCV-Bereiche. 100<br/>V, 1000 V</b> |
| OFF          | 0   | FIXEDZ<br>inaktiv.  | >10 GΩ                                | 10 MΩ                                  |
| ON           | 1   | FIXEDZ<br>aktiv.    | 10 MΩ                                 | 10 MΩ                                  |

Einschaltzustand-Wert *Modus* = OFF.

Standardwert *Modus* = ON.

### Anmerkungen

- Beim Umschalten von Gleichspannungsmessung auf 2-Draht- oder 4-Draht-Widerstandsmessung bleibt FIXEDZ aktiv. Widerstandsmessungen bei aktiver FIXEDZ-Funktion sind fehlerbehaftet, weil der Eingangswiderstand des Multimeters (10 MΩ) parallel zum Messobjekt liegt.
- Die FIXEDZ-Funktion wird vorübergehend deaktiviert, wenn Sie von DCV auf ACV- oder AC+DCV-Messung, oder auf eine der Strommessfunktionen, oder auf Frequenz- oder Periodenmessung umschalten. Wenn Sie beispielsweise bei aktiver FIXEDZ-Funktion von DCV auf ACV umschalten, wird die FIXEDZ-Funktion deaktiviert. Wenn Sie anschließend wieder auf DCV zurückschalten, wird die FIXEDZ-Funktion wieder aktiviert.

- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl FIXEDZ? liefert den aktuellen FIXEDZ-Modus zurück. Weitere Informationen hierzu siehe unter "[Abfragebefehle](#)" am Anfang dieses Kapitels.
- **Verwandte Befehle:** DCV, FUNC, OHM, OHMF,

### Beispiel

```
OUTPUT 722; "FIXEDZ ON"      !Fester Eingangswiderstand
```

## FREQ

**"Frequency"**. Dieser Befehl veranlasst das Multimeter dazu, die Frequenz des Eingangssignals zu messen. Zuvor müssen Sie mit dem Befehl FSOURCE den Eingangssignaltyp spezifizieren: Wechselspannung, AC+DC-Spannung, Wechselstrom oder AC+DC-Strom.

### Syntax

FREQ [*max\_Eingangswert*] [%-Auflösung]

*max\_Eingangswert*

Dieser Parameter spezifiziert einen festen Bereich oder aktiviert die "Autorange"-Funktion. Die verfügbaren Bereiche sind von dem mit dem Befehl FSOURCE spezifizierten Eingangssignaltyp abhängig. Wenn beispielsweise der Eingangssignaltyp ACV spezifiziert wurde, spezifiziert der Parameter *max\_Eingangswert* einen Wechselspannungsbereich. Zur Vorgabe eines festen Bereichs müssen Sie für *max\_Eingangswert* den Absolutbetrag (negative Zahlen sind nicht erlaubt) des erwarteten Spitzenwertes des Eingangssignals spezifizieren. Das Multimeter wählt anhand dieses Wertes den passenden Bereich. Unter den Beschreibungen der Befehle [FUNC](#) und [RANGE](#) finden Sie eine Auflistung der für die verschiedenen Eingangssignaltypen verfügbaren Bereiche.

Sie können die "Autorange"-Funktion aktivieren, indem Sie für den Parameter *max\_Eingangswert* AUTO spezifizieren oder den Standardwert wählen. Bei aktiver "Autorange"-Funktion tastet das Multimeter das Eingangssignal vor jeder Frequenzmessung ab und wählt den passenden Bereich.

Einschaltzustand-Wert *max\_Eingangswert* = (nicht verfügbar). Standardwert *max\_Eingangswert* = AUTO.

**%\_Auflösung**

Der Parameter **%\_Auflösung** spezifiziert die Anzahl der gemessenen Dezimalstellen und (mittelbar) die Torzeit (siehe nachfolgende Tabelle). (**%\_Auflösung** beeinflusst außerdem die Messrate; siehe hierzu die „[Anhang A: Spezifikationen](#)“ auf Seite 459).

| <b>%_Auflösung</b> | <b>Torzeit</b> | <b>Auflösung (Stellen)</b> |
|--------------------|----------------|----------------------------|
| .00001             | 1 s            | 7                          |
| .0001              | 100 ms         | 7                          |
| .001               | 10 ms          | 6                          |
| .01                | 1 ms           | 5                          |
| .1                 | 100 µs         | 4                          |

Einschaltzustand-Wert **%\_Auflösung** = (nicht verfügbar).

Standardwert **%\_Auflösung** = 0.00001

**Anmerkungen**

- Die Messrate entspricht dem jeweils größten der folgenden Werte:  
1 Eingangssignalperiode, Torzeit oder Standard-Timeout (1.2 s).
- Frequenz- oder Periodenmessungen erfolgen unter Verwendung der internen Pegeldetektorschaltung. Diese bestimmt, wann die positive oder negative Eingangssignalflanke einen bestimmten Spannungswert erreicht. (Daher ist bei Frequenz- oder Periodenmessungen LEVEL als Trigger- oder Abtastereignis unzulässig und LINE als Triggerereignis unzulässig.) Die Einschaltzustand- und Standardwerte für Pegeltriggerung sind: Triggerpegel 0%, positive Flanke. Mit dem Befehl LEVEL können Sie den Triggerpegel und die Triggerkopplung wählen. Mit dem Befehl SLOPE können Sie zwischen positiver und negativer Triggerflanke wählen.
- Die erste Stelle ist für die meisten Messfunktionen eine halbe Stelle, für Frequenz- und Periodenmessungen jedoch eine volle Stelle (0-9).
- Wenn die automatische Bereichswahl aktiv ist, dauern die Messungen länger, weil das Eingangssignal vor jeder Frequenzmessung abgetastet wird, um den passenden Bereich zu bestimmen.

- Der Zustand "Übersteuerung" bedeutet bei Frequenz- oder Periodenmessungen, dass die Eingangsspannung oder der Eingangsstrom zu hoch für den spezifizierten Messbereich ist. Er bedeutet nicht, dass die anliegende Frequenz (oder Periode) außerhalb des Messbereichs liegt.
- **Verwandte Befehle:** ACBAND, FSOURCE, FUNC, LFILTER, PER, RES

### Beispiel

```

10 OUTPUT 722;"FSOURCE ACI"      !Eingangssignaltyp Wechselstrom
20 OUTPUT 722;"FREQ .01,.001"    !Frequenzmessung, Bereich 10 mA
25                                !Tortzeit 10 ms, Auflösung 5 Stellen
30 END

```

## FSOURCE

**"Frequency Source".** Dieser Befehl spezifiziert den Eingangssignaltyp für Frequenz- oder Periodenmessungen.

### Syntax

FSOURCE [*Quelle*]

*Quelle*

Für den Parameter *Quelle* stehen folgende Werte zur Auswahl:

| <i>Quelle</i> | Numer.<br>Abfrage-<br>Äquivalent | Beschreibung (Messmöglichkeiten)                           |
|---------------|----------------------------------|--|
| ACV           | 2                                | Wechselspannung (FREQ 1 Hz bis 10 MHz; PER 100 ns bis 1 s) |
| ACDCV         | 3                                | AC+DC-Spannung (FREQ 1 Hz bis 10 MHz; PER 100 ns bis 1 s)  |
| ACI           | 7                                | Wechselstrom (FREQ 1 Hz bis 100 kHz; PER 10 µs bis 1 s)    |
| ACDCI         | 8                                | AC+DC-Strom (FREQ 1 Hz bis 100 kHz; PER 10 µs bis 1 s)     |

Einschaltzustand-Wert *Quelle* = ACV.  
Standardwert *Quelle* = ACV.

### Anmerkungen

- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl FSOURCE? liefert den aktuellen Eingangssignaltyp für Frequenz- oder Periodenmessungen zurück. Weitere Informationen hierzu siehe unter "**Abfragebefehle**" am Anfang dieses Kapitels.
- **Verwandte Befehle:** FREQ, FUNC, PER

### Beispiel

```

10 OUTPUT 722;"FSOURCE ACDCI"      !Eingangssignaltyp ACDC-Strom
20 OUTPUT 722;"FREQ .1,.01"        !Frequenzmessung, Bereich 100 mA RANGE,
25                                !Torzeit 1 ms, Auflösung 4 Stellen
30 END

```

## FUNC

**"Function".** Dieser Befehl wählt die Messfunktion (ACV, DCV usw.) und ermöglicht es außerdem, den Messbereich und die Auflösung zu spezifizieren. (Der Befehls-Header FUNC ist optional und kann weggelassen werden.)

### Syntax

FUNC [Funktion][,max.\_Eingangswert][,%\_Auflösung]

oder

[FUNC] Funktion[,max.\_Eingangswert][,%\_Auflösung]

Funktion

Der Parameter *Funktion* spezifiziert die Messfunktion. Es stehen folgende Werte zur Auswahl:

| Funktion | Numer.<br>Abfrage-<br>Äquivalent | Beschreibung  |
|----------|----------------------------------|---|
| DCV      | 1                                | Gleichspannungsmessung  |
| ACV      | 2                                | Wechselspannungsmessung (nach dem mit dem Befehl SETACV spezifizierten Verfahren) |
| ACDCV    | 3                                | AC+DC-Spannungsmessung (nach dem mit dem Befehl SETACV spezifizierten Verfahren)  |
| OHM      | 4                                | 2-Draht-Widerstandsmessung  |

| <b>Funktion</b>     | <b>Numer.<br/>Abfrage-<br/>Äquivalent</b> | <b>Beschreibung</b>                     |
|---------------------|---|---|
| OHMF                | 5   | 4-Draht-Widerstandsmessung              |
| DCI                 | 6   | Gleichstrommessung                      |
| ACI                 | 7   | Wechselstrommessung                     |
| ACDCI               | 8   | AC+DC-Strommessung                      |
| FREQ <sup>[a]</sup> | 9   | Frequenzmessung                         |
| PER <sup>[a]</sup>  | 10  | Periodenmessung                         |
| DSAC <sup>[a]</sup> | 11  | "Direct-Sampling"-Messung, AC-gekoppelt |
| DSDC <sup>[a]</sup> | 12  | "Direct-Sampling"-Messung, DC-gekoppelt |
| SSAC <sup>[a]</sup> | 13  | "Sub-Sampling"-Messung, AC-gekoppelt    |
| SSDC <sup>[a]</sup> | 14  | "Sub-Sampling"-Messung, DC-gekoppelt    |

[a] Diese Funktionen bedürfen weiterer Erklärungen und sind in diesem Kapitel individuell dokumentiert. Einzelheiten siehe Beschreibungen der Befehle **DSAC**, **DSDC**, **FREQ**, **PER**, und **SSAC**, **SSDC**.

Einschaltzustand-Wert *Funktion* = DCV.  
 Standardwert *Funktion* = DCV.

*max.\_Eingangswert*

Dieser Parameter spezifiziert einen festen Bereich oder aktiviert die "Autorange"-Funktion. Zur Vorgabe eines festen Bereichs müssen Sie für *max.\_Eingangswert* den Absolutbetrag (negative Zahlen sind nicht erlaubt) der erwarteten Spitzenamplitude des Eingangssignals (bzw. bei Widerstandsmessungen den erwarteten maximalen Widerstand) spezifizieren. Das Multimeter wählt anhand dieses Wertes den passenden Bereich.

Sie können die "Autorange"-Funktion aktivieren, indem Sie für den Parameter *max.\_Eingangswert* AUTO spezifizieren oder den Standardwert wählen. Bei aktiver "Autorange"-Funktion tastet das Multimeter das Eingangssignal vor jeder Messung ab und wählt den passenden Bereich.

- Die zulässigen Werte für *max.\_Eingangswert* und die dadurch spezifizierten Bereiche sind aus der nachfolgenden Tabelle ersichtlich.

Für DCV:

| <i>max._Eingangswert</i> | Entsprechender Bereich | Bereich sendwert |
|--------------------------|------------------------|------------------|
| -1 oder AUTO             | Autorange              |                  |
| 0 bis .12                | 100 mV                 | 120 mV           |
| >.12 bis 1.2             | 1 V                    | 1.2 V            |
| >1.2 bis 12              | 10 V                   | 12 V             |
| >12 bis 120              | 100 V                  | 120 V            |
| >120 bis 1E3             | 1000 V                 | 1050 V           |

Für OHM oder OHMF:

| <i>max._Eingangswert</i> | Entsprechender Bereich | Bereich sendwert |
|--------------------------|------------------------|------------------|
| -1 oder AUTO             | Autorange              |                  |
| 0 bis 12                 | 10 Ω                   | 12 Ω             |
| >12 bis 120              | 100 Ω                  | 120 kΩ           |
| >120 bis 1.2E3           | 1 kΩ                   | 1.2 kΩ           |
| >1.2E3 bis 1.2E4         | 10 kΩ                  | 12 kΩ            |
| >1.2E4 bis 1.2E5         | 100 kΩ                 | 120 kΩ           |
| >1.2E5 bis 1.2E6         | 1 MΩ                   | 1.20 MΩ          |
| >1.2E6 bis 1.2E7         | 10 MΩ                  | 12 MΩ            |
| >1.2E7 bis 1.2E8         | 100 MΩ                 | 120 MΩ           |
| >1.2E8 bis 1.2E9         | 1 GΩ                   | 1.2 GΩ           |

Für ACV oder ACDCV:

| <i>max._Eingangswert</i> | Entsprechender Bereich | Bereich sendwert |
|--------------------------|------------------------|------------------|
| -1 oder AUTO             | Autorange              |                  |
| 0 bis .012               | 10 mV                  | 12 mV            |
| >.012 bis .12            | 100 mV                 | 120 mV           |
| >.12 bis 1.2             | 1 V                    | 1.2 V            |
| >1.2 bis 12              | 10 V                   | 12 V             |
| >12 bis 120              | 100 V                  | 120 V            |
| >120 bis 1E3             | 1000 V                 | 1050 V           |

Für DCI:

| <i>max._Eingangswert</i> | Entsprechender Bereich | Bereich sendwert |
|--------------------------|------------------------|------------------|
| -1 oder AUTO             | Autorange              |                  |
| 0 bis .12E-6             | .1 μA                  | .12 μA           |
| >.12E-6 bis 1.2E-6       | 1 μA                   | 1.2 μA           |
| >1.2E-6 bis 12E-6        | 10 μA                  | 12 μA            |
| >12E-6 bis 120E-6        | 100 μA                 | 120 μA           |
| >120E-6 bis 1.2E-3       | 1 mA                   | 1.2 mA           |
| >1.2E-3 bis 12E-3        | 10 mA                  | 12 mA            |
| >12E-3 bis 120E-3        | 100 mA                 | 120 mA           |
| >120E-3 bis 1.2          | 1 A                    | 1.05 A           |

Für ACI oder ACDCI:

| <i>max._Eingangswert</i> | Entsprechender Bereich | Bereich sendwert |
|--------------------------|------------------------|------------------|
| -1 oder AUTO             | Autorange              |                  |
| 0 bis .120E-6            | 100 µA                 | 120 µA           |
| >120E-6 bis 1.2E-3       | 1 mA                   | 1.2 mA           |
| >1.2E-3 bis 12E-3        | 10 mA                  | 12 mA            |
| >12E-3 bis 120E-3        | 100 mA                 | 120 mA           |
| >120E-3 bis 1.2          | 1 A                    | 1.05 A           |

Für SSAC oder SSDC:

| <i>max._Eingangswert</i> | Entsprechender Bereich | Bereich sendwert |
|--------------------------|------------------------|------------------|
| 0 bis .012               |                        | 10 mV            |
| >.012 bis .120           |                        | 100 mV           |
| >.120 bis 1.2            |                        | 1 V              |
| >1.2 bis 12              |                        | 10 V             |
| >12 bis 120              |                        | 100 V            |
| >120 bis 1E3             |                        | 1000 V           |

Für DSAC oder DSDC:

| <i>max._Eingangswert</i> | Entsprechender Bereich | Bereichsendwert |             |
|--------------------------|------------------------|-----------------|-------------|
|                          |                        | SINT-Format     | DINT-Format |
| 0 bis .012               | 10 mV                  | 12 mV           | 50 mV       |
| >.012 bis .120           | 100 mV                 | 120 mV          | 500 mV      |
| >.120 bis 1.2            | 1 V                    | 1.2 V           | 5.0 V       |
| >1.2 bis 12              | 10 V                   | 12 V            | 50 V        |
| >12 bis 120              | 100 V                  | 120 V           | 500 V       |
| >120 bis 1E3             | 1000 V                 | 1050 V          | 1050 V      |

Einschaltzustand-Wert *max.\_Eingangswert* = AUTO.Standardwert *max.\_Eingangswert* = AUTO.

#### %\_Auflösung

Für die meisten Messfunktionen wird der Parameter *%\_Auflösung* in Prozent des Parameters *max.\_Eingangswert* spezifiziert. (In den Beschreibungen der Befehle **FREQ** und **PER** finden Sie Tabellen, aus denen ersichtlich ist, wie die *%\_Auflösung* Frequenz- und Periodenmessungen beeinflusst; der Parameter *%\_Auflösung* wird ignoriert, wenn für *Funktion* der Wert DSAC, DSDC, SSAC oder SSDC spezifiziert wurde.)

Bei allen Messfunktionen außer FREQ, PER, DSAC, DSDC, SSAC und SSDC entspricht die Messauflösung dem Produkt aus *%\_Auflösung* und *max\_Eingangswert*. Beispiel: Angenommen, Sie möchten eine Gleichspannungsmessung durchführen, die maximal zu erwartende Eingangsspannung beträgt 10 VDC, und Sie benötigen eine Auflösung von 1 mV. Dann können Sie die *%\_Auflösung* nach folgender Gleichung berechnen:

$$\%_{\text{Auflösung}} = (\text{tatsächliche Auflösung}/\text{maximaler Eingangswert}) \times 100$$

Wenn man die obigen Werte in diese Gleichung einsetzt, erhält man:

$$\%_{\text{Auflösung}} = (0.001/10) \times 100 = 0.0001 \times 100 = 0.01$$

## HINWEIS

Bei aktiver "Autorange"-Funktion multipliziert das Multimeter den Parameter *%\_Auflösung* mit dem Endwert des gewählten Bereichs. Das Ergebnis ist die minimale Auflösung. Diese minimale Auflösung ist auf jeden Fall gewährleistet; in vielen Fällen ergibt sich eine höhere Auflösung.

**Einschaltzustand-Wert** *%\_Auflösung* = (nicht verfügbar). Im Einschalt-Zustand des Multimeters wird die Auflösung durch den Befehl NPLC bestimmt; dieser ergibt eine Auflösung von 8½ Stellen. (Der Einschaltzustand-Wert für **NDIG** maskiert die letzte Dezimalstelle des Messwerts, sodass nur 7½ Stellen angezeigt werden. Mit dem Befehl NDIG 8 können Sie erreichen, dass alle 8½ Stellen angezeigt werden; siehe Beschreibung des Befehls NDIG.)

**Standardwert** *%\_Auflösung*:

Bei Frequenz- oder Periodenmessungen beträgt der Standardwert für *%\_Auflösung* 0.00001; daraus resultiert eine Torzeit von 1 s und eine Auflösung von 7 Stellen.

Bei ACV- oder ACDCV-"Sampling"-Messungen beträgt der Standardwert für *%\_Auflösung* 0.01% für SETACV SYNC bzw. 0.4% für SETACV RNDM.

Bei allen anderen Messfunktionen wird der Standardwert für diesen Parameter durch die jeweilige Integrationszeit bestimmt.

## Anmerkungen

- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl FUNC? liefert zwei durch Kommas getrennte Werte zurück. Der erste Wert gibt die aktuelle Messfunktion an. Der zweite Wert gibt den aktuellen Messbereich an (und zwar den tatsächlichen, der nicht unbedingt mit dem für *max\_Eingangswert* spezifizierten Wert übereinstimmt). Der Abfragebefehl FUNC? liefert keine Information über den Zustand der "Autorange"-Funktion. Den aktuellen Zustand der "Autorange"-Funktion können Sie mit dem Befehl ARANGE? abfragen. Weitere Informationen hierzu siehe unter "**Abfragebefehle**" am Anfang dieses Kapitels.
- **Verwandte Befehle:** ACDCI, ACDCV, ACI, ACV, APER, DCI, DCV, DSAC, DSDC, FREQ, OHM, OHMF, PER, RATIO, NPLC, RES, SETACV, SSAC, SSDC

## Beispiele

In dem folgenden Programm bewirkt Zeile 10, dass die %\_Auflösung durch den Befehl FUNC in Zeile 20 bestimmt wird. Zeile 20 ergibt eine Auflösung von  $6 \text{ V} \times 0.0000167 = 100 \mu\text{V}$ .

```
10 OUTPUT 722;"NPLC 0"           !Minimale Integrationszeit
20 OUTPUT 722;"FUNC DCV,6,.00167" !Messfunktion DCV, maximal zu erwartende
25                                !Eingangsspannung 6 V
30 END                            !Auflösung 100 μV
```

In dem folgenden Programm spezifiziert Zeile 10 einen NPLC-Wert von 1000. Dadurch wird die maximal mögliche Auflösung (7.5 Stellen) gewählt; der Parameter %\_Auflösung in Zeile 20 wird in diesem Fall ignoriert. In Zeile 20 wird eine Auflösung von  $10 \mu\Omega$  spezifiziert. Wegen Zeile 10 beträgt die tatsächliche Auflösung jedoch  $100 \mu\Omega$ .

```
10 OUTPUT 722;"NPLC 1000"        !Maximale Integrationszeit
20 OUTPUT 722;"FUNC OHM,1E3,.001" !2-Draht-Widerstandsmessung
30 END                            !Max. 1 kΩ, Auflösung 10 mΩ
```

## ID?

**"Identity"-Abfrage.** Das Multimeter beantwortet den Abfragebefehl ID? mit dem String "Keysight 3458A". Anhand dieser Meldung kann der Steuercomputer feststellen, welches Gerät sich hinter der GPIB-Adresse des Multimeters verbirgt.

### Syntax

ID?

### Anmerkungen

- **Verwandte Befehle:** ADDRESS, QFORMAT

### Beispiel

```

10 OUTPUT 722;"ID?"           !Identifizierer abfragen
20 ENTER 722;A$               !Antwort in die Variable A$ einlesen
30 PRINT A$                   !Antwort anzeigen
40 END

```

## INBUF

**"Input Buffer".** Dieser Befehl aktiviert oder deaktiviert den Eingangspuffer des Multimeters. Bei aktiviertem Eingangspuffer werden die über den GPIB empfangenen Befehle im Eingangspuffer zwischengespeichert. Dadurch wird der Bus sofort nach dem Empfang eines Befehls oder einer Befehlsfolge wieder freigegeben, und der Steuercomputer kann andere Aufgaben ausführen, während das Multimeter die zwischengespeicherten Befehle verarbeitet.

### Syntax

INBUF [Modus]

*Modus*

Für den Parameter *Modus* stehen folgende Werte zur Auswahl:

| <b>Modus</b> | <b>Numer.<br/>Abfrage-<br/>Äquivalent</b> | <b>Beschreibung</b>  |
|--------------|---|--|
| OFF          | 0   | Dieser Parameter deaktiviert den Eingangspuffer; das Multimeter akzeptiert Befehle nur dann, wenn es nicht beschäftigt ist.          |
| ON           | 1   | Dieser Befehl aktiviert den Eingangspuffer; die empfangenen Befehle werden zwischengespeichert, und der Bus wird sofort freigegeben. |

Einschaltzustand-Wert *Modus* = OFF.

Standardwert *Modus* = ON.

### Anmerkungen

- Durch das Deaktivieren des Eingangspuffers verringert sich die Systemgeschwindigkeit geringfügig. Dafür ergeben sich Vorteile beim Synchronisieren von Busaktivitäten. Bei deaktiviertem Eingangspuffer (OFF) akzeptiert das Multimeter immer nur jeweils einen Befehl und gibt den Bus erst nach Ausführung dieses Befehls wieder frei. Dadurch ist gewährleistet, dass nachfolgende Befehle, die der Steuercomputer an andere Geräte sendet, erst dann ausgeführt werden, wenn das Multimeter den empfangenen Befehl ausgeführt hat.
- Bei aktiviertem Eingangspuffer (ON) werden die an das Multimeter gesendeten Befehle zwischengespeichert, und der Bus wird sofort wieder freigegeben. Während das Multimeter die empfangenen Befehle ausführt, kann der Steuercomputer mit anderen Busgeräten kommunizieren. Die Synchronisation mit anderen Busgeräten kann jedoch verloren gehen, wenn diese ihre Befehle ausführen, bevor das Multimeter seine Befehle ausgeführt hat. In diesem Fall muss der Steuercomputer gegebenenfalls durch Überwachung des Statusregisterbits "Ready" (mittels serieller Abfrage) feststellen, wann das Multimeter mit der Ausführung der Befehle fertig ist.
- Der Eingangspuffer des Multimeters kann maximal 255 Zeichen aufnehmen; im Falle eines Pufferüberlaufs blockiert das Multimeter den Bus so lange, bis es die ersten empfangenen Befehle verarbeitet hat und wieder Pufferkapazität frei ist.

- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl INBUF? liefert den aktuellen Eingangspuffer-Modus zurück. Weitere Informationen hierzu siehe unter "Abfragebefehle" am Anfang dieses Kapitels.

### Beispiel

Das folgende Programm aktiviert den Eingangspuffer vor der Durchführung aller automatischen Kalibrierungsroutinen. Dadurch wird verhindert, dass der Bus während der automatischen Kalibrierung, die über 16 Minuten dauert, aufgehalten wird.

```
10 OUTPUT 722;"INBUF ON"      !Eingangspuffer aktivieren
20 OUTPUT 722;"ACAL ALL"      !Autokalibrierung ausführen (dauert länger
25                                !als 11 Minuten)
30 END
```

## ISCALE?

**"Integer Scale"-Abfrage.** Dieser Abfragebefehl liefert den Skalierungsfaktor für Messwerte im SINT- oder DINT-Ausgabeformat zurück.

### Syntax

ISCALE?

### Anmerkungen

- Der Skalierungsfaktor ist für die Ausgabeformate ASCII, SREAL und DREAL stets 1.
- Messwerte, die im SINT- oder DINT-Format ausgegeben werden (siehe Beschreibung des Befehls **OFORMAT**) werden vor der Ausgabe vom Multimeter in der Weise komprimiert, dass sie als Integer-Zahl dargestellt werden können. Zur Wiederherstellung des tatsächlichen Wertes muss der komprimierte Wert mit dem vom Abfragebefehl ISCALE? zurückgelieferten Skalierungsfaktor multipliziert werden. Der Skalierungsfaktor ergibt sich aus der Multimeterkonfiguration zum Zeitpunkt der Ausführung des Abfragebefehls ISCALE?. Die maßgeblichen Faktoren sind die Messfunktion, der Bereich und die Integrationszeit. Deshalb muss das Multimeter beim Abrufen des Skalierungsfaktors genau so konfiguriert sein wie zum Zeitpunkt der Messungen. Sie können den Skalierungsfaktor abfragen, nachdem das

Multimeter konfiguriert wurde und bevor Messungen getriggert wurden, oder unmittelbar nach Abschluss der Messungen.

- Das Ausgabe-/Speicherformat SINT oder DINT sollte nicht verwendet werden für Frequenz- oder Periodenmessungen, bei denen Echtzeit- oder Post-Processing-Math-Operationen (außer STAT oder PFAIL) angewandt werden oder bei denen die "Autorange"-Funktion aktiv ist.
- **Verwandte Befehle:** OFORMAT, SSAC, SSDC

## Beispiele

Beispiel für SINT

Das folgende Programm bewirkt die Ausgabe von zehn Messwerten im SINT-Format, fragt den Skalierungsfaktor ab und multipliziert diesen jeweils mit dem Messwert.

```

10 OPTION BASE 1           !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 INTEGER Int_rdgs (1:10) BUFFER !Integer-Array für Puffer deklarieren
30 REAL Rdgs(1:10)         !Real-Array deklarieren
40 Num_readings=10          !Anzahl der Messwerte = 10
50 ASSIGN @Dvm TO 722        !Multimeteradresse zuweisen
60 ASSIGN @Int_rdgs TO BUFFER Int_rdgs(*) !Puffer-I/O-Pfadname zuweisen
70 OUTPUT @Dvm;"PRESET NORM;OFORMAT SINT;NPLC 0;NRDGS ";Num_readings
75 !Triggerfreigabe AUTO, Triggerereignis SYN, Ausgabeformat SINT, minimale
76 !Integrationszeit
80 TRANSFER @Dvm TO @Int_rdgs;WAIT!SYN-Ereignis, Messwerte übertragen in
81 !Integer-Array; da das Integer-Format des Computers exakt dem
85 !SINT-Format entspricht, ist keine Datenkonvertierung notwendig (es ist
86 !ein Integer-Array erforderlich)
90 OUTPUT @Dvm;"ISCALE?"      !Skalierungsfaktor für SINT-Format
95 !abfragen
100 ENTER @Dvm;S             !Skalierungsfaktor einlesen
110 FOR I=1 TO Num_readings
120 Rdgs(I)=Int_rdgs(I)       !Jeweils einen Integer-Messwert in das
125 !Real-Format umwandeln (ist zur Verhinderung eines etwaigen Integer-
126 !Überlaufs in der nächsten Zeile erforderlich)
130 R=ABS(Rdgs(I))            !Anhand des absoluten Wertes auf
135 !Bereichsüberschreitung überprüfen
140 IF R>=32767 THEN PRINT "OVLD"!Falls Bereichsüberschreitung, Meldung
145 !anzeigen
150 Rdgs(I)=Rdgs(I)*S          !Messwert mit Skalierungsfaktor multi-
155 !plizieren
160 Rdgs(I)=DROUND(Rdgs(I),4)   !Auf vier Stellen runden

```

```
170 NEXT I
180 END
```

Beispiel für DINT

Das folgende Programm ähnelt dem vorangegangenen, abgesehen davon, dass es 50 Messungen initiiert und die Messwerte im DINT-Format zum Steuercomputer überträgt.

```
10 OPTION BASE 1           !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 INTEGER Num_readings,I,J,K !Variablen deklarieren
30 Num_readings=50          !Anzahl der Messwerte = 50
40 ALLOCATE REAL Rdgs(1:Num_readings) !Array für Messwerte deklarieren
50 ASSIGN @Dvm TO 722        !Multimeteradresse zuweisen
60 ASSIGN @Buffer TO BUFFER[4*Num_readings]!Puffer-I/O-Pfadname zuweisen
70 OUTPUT @Dvm;"PRESET NORM;RANGE 10;OFORMAT DINT;NRDGS ",Num_readings
75 !Triggerfreigabeereignis AUTO, Triggerereignis SYN, Messfunktion DCV,
76 !Bereich 10 V, Ausgabeformat DINT, 50 Messungen, AUTO
80 TRANSFER @Dvm TO @Buffer;WAIT!SYN-Ereignis, Messwerte übertragen
90 OUTPUT @Dvm; "ISCALE?"    !Skalierungsfaktor für DINT-Format abfragen
100 ENTER @Dvm;S            !Skalierungsfaktor einlesen
110 FOR I=1 TO Num_readings
120 ENTER @Buffer USING "#,W,W";J,K  !Je ein 16-Bit-Zweierkomplement-Wort
121 !in die Variablen J und K einlesen (# = Befehlsabschluss ist nicht
125 !erforderlich, W = Daten als 16-Bit-Zweierkomplement-Integer einlesen)
130 Rdgs(I)=(J*65536.+K+65536.*(K<0)) !Wert in Real-Format konvertieren
140 R=ABS(Rdgs(I))          !Anhand des absoluten Wertes auf Bereichs-
145 !überschreitung überprüfen
150 IF R>2147483647 THEN PRINT "OVLD"  !Falls Bereichsüberschreitung,
155 !Meldung anzeigen
160 Rdgs(I)=Rdgs(I)*S        !Skalierungsfaktor anwenden
170 Rdgs(I)=DROUND(Rdgs(I),8) !Konvertierten Messwert runden
180 PRINT Rdgs(I)            !Messwerte ausdrucken
190 NEXT I
200 END
```

## LEVEL

Der Befehl LEVEL spezifiziert den Triggerpegel (in Prozent des derzeitigen Bereichs) und die Kopplung (AC oder DC) für Pegeltriggerung. Ein Pegeltriggerereignis tritt immer dann ein, wenn die mit dem Befehl SLOPE spezifizierte (positiv oder negative) Flanke des Eingangssignals den spezifizierten Triggerpegel erreicht.

### Syntax

LEVEL [Prozentsatz][,Kopplung]

#### Prozentsatz

Dieser Parameter spezifiziert den Triggerpegel in Prozent des aktuellen Bereichs. Der zulässige Wertebereich für diesen Parameter ist -500% bis +500% mit einer Schrittweite von 5% (für "Direct-Sampling" oder "Sub-Sampling") bzw. -120% bis 120% mit einer Schrittweite von 1% (für DCV). Einzelheiten siehe [Kapitel 5](#).

Einschaltzustand-Wert Prozentsatz = 0% (0 V).

Standardwert Prozentsatz = 0% (0 V).

Die Bereichsendwerte für "Direct-Sampling" betragen 500% (das Fünffache) der Bereiche 10 mV, 100 mV, 1 V, 10 V und 100 V. Beachten Sie, dass der Triggerpegel stets in Prozent des Bereichs spezifiziert werden muss. Beispiel: Angenommen, das Eingangssignal hat eine Spitzenamplitude von 20 V und die Messung erfolgt im Bereich 10 V. Wenn das Multimeter auf 15 V triggern soll, müssen Sie einen Triggerpegel von 150% (Befehl LEVEL 150) spezifizieren.

#### Kopplung

Dieser Parameter spezifiziert lediglich die Kopplung des Eingangssignals an die Pegeldetektorschaltung. Die Kopplung des Eingangssignals an die Messschaltung bleibt davon unberührt.

| <b>Kopplung</b> | <b>Numer.<br/>Abfrage-<br/>Äquivalent</b> | <b>Beschreibung</b>                                      |
|-----------------|---|--|
| DC              | 1   | Der Eingang der Pegeldetektorschaltung ist DC-gekoppelt. |
| AC              | 2   | Der Eingang der Pegeldetektorschaltung ist AC-gekoppelt. |

Einschaltzustand-Wert *Kopplung* = AC.  
 Standardwert *Kopplung* = AC.

### Anmerkungen

- Die Pegeltriggerung ist anwendbar auf die Messfunktionen DCV, "Direct-Sampling" und "Sub-Sampling". (Der Befehl LEVEL beeinflusst u. a. auch den Nulldurchgang-Schwellenwert und die Eingangskopplung für Frequenz- und Periodenmessungen.) Bei DCV- und "Direct-Sampling"-Messungen kann Pegeltriggerung als Triggerereignis (Befehl TRIG LEVEL) oder Abtastereignis (Befehl NRDGS n, LEVEL) verwendet werden. Bei "Sub-Sampling"-Messungen kann Pegeltriggerung nur als "Sync Source"-Ereignis (Befehl SSRC LEVEL) verwendet werden.
- Wegen der Triggerhysterese ist der tatsächliche Triggerpunkt gleich dem spezifizierten Prozentsatz des Bereichs  $\pm 4\%$ .
- Bei DCV-Messungen mit Pegeltriggerung sollte die "Autozero"-Funktion deaktiviert sein (Befehl AZERO OFF). (Für "Direct-Sampling" oder "Sub-Sampling"-Messungen ist die "Autozero"-Funktion nicht verfügbar.)
- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl LEVEL? liefert zwei durch Kommas getrennte Werte zurück. Der erste Wert gibt den spezifizierten Prozentsatz an. Der zweite Wert gibt die Eingangskopplung der Pegeldetektorschaltung an. Weitere Informationen hierzu siehe unter "**Abfragebefehle**" am Anfang dieses Kapitels.
- **Verwandte Befehle:** DCV, DSAC, DSDC, LFILTER, NRDGS, SETACV, SYNC, SLOPE, SSAC, SSDC, SSRC, TRIG

### Beispiel

```

10 OUTPUT 722;"TARM HOLD"      !Triggerung anhalten
20 OUTPUT 722;"PRESET DIG"     !Schnelle DCV-Messungen, Bereich 10 V
30 OUTPUT 722;"TRIG LEVEL"    !Triggerereignis LEVEL
40 OUTPUT 722;"SLOPE POS"     !Triggerung auf positive Signalflanke
50 OUTPUT 722;"LEVEL 50,AC"   !Triggerung auf 50% des Bereichs 10 V
55                           !(=5 V), AC-Kopplung
60 END

```

## LFILTER

**"Level Filter"**. Dieser Befehl aktiviert oder deaktiviert die Pegelfilterfunktion. Bei aktiver Pegelfilterfunktion ist dem Eingang des Triggerdetektors ein Tiefpassfilter erster Ordnung vorgeschaltet. Das Filter hat eine -3-dB-Grenzfrequenz von 75 kHz und verhindert Fehltriggerung durch hochfrequente Eingangssignalkomponenten.

### Syntax

LFILTER [Modus]

*Modus*

Für den Parameter *Modus* stehen folgende Werte zur Auswahl:

| <i>Modus</i> | Numer.<br>Abfrage-<br>Äquivalent | Beschreibung                                       |
|--------------|----------------------------------|--|
| OFF          | 0                                | Pegelfilter deaktiviert (keine Tiefpassfilterung). |
| ON           | 1                                | Pegelfilter aktiviert.                             |

Einschaltzustand-Wert *Modus* = OFF.

Standardwert *Modus* = ON.

### Anmerkungen

- Die Pegelfilterfunktion ist anwendbar auf DCV-, "Direct-Sampling"- und "Sub-Sampling"-Messungen mit Pegeltriggerung. Das Pegelfilter kann auch dazu verwendet werden, bei Frequenzmessungen, Periodenmessungen oder synchronen ACV/AC+DCV-Messungen (Befehl SETACV SYNC) die Empfindlichkeit der Triggerschaltung gegenüber hochfrequenten Störsignalen zu reduzieren.
- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl LFILTER? liefert den aktuellen Zustand der Pegelfilterfunktion zurück. Weitere Informationen hierzu siehe unter "**Abfragebefehle**" am Anfang dieses Kapitels.
- **Verwandte Befehle:** DCV, DSAC, DSDC, FREQ, LEVEL, NRDGS, PER, SETACV, SYNC, SLOPE, SSAC, SSDC, SSRC, TRIG

## Beispiel

`OUTPUT 722;"LFILTER ON" !Pegelfilter aktivieren`

## LFREQ

Der Befehl LFREQ dient dazu, die Referenzfrequenz des A/D-Wandlers zu spezifizieren oder die Netzfrequenz zu messen und die Referenzfrequenz auf den gemessenen Wert einzustellen.

### Syntax

`LFREQ [Frequenz]`

oder

`LFREQ LINE`

*Frequenz*

Dieser Parameter spezifiziert die Referenzfrequenz. Der Wert für *Frequenz* muss im Bereich von 45 bis 65 Hz oder im Bereich von 360 bis 440 Hz liegen. Wenn Sie eine Frequenz im Bereich von 360 bis 440 Hz spezifizieren, dividiert das Multimeter diesen Wert durch 8. Wenn Sie beispielsweise LFREQ 400 spezifizieren, stellt das Multimeter die Referenzfrequenz auf  $400/8 = 50$  Hz ein.

Einschaltzustand-Wert *Referenzfrequenz* = 50 oder 60 Hz (gerundeter Wert, siehe erste Anmerkung weiter unten).

Standardwert *Referenzfrequenz* = gemessene Netzfrequenz (bei 400 Hz Netzfrequenz: gemessene Netzfrequenz dividiert durch 8).

`LINE`

Dieser Parameter bewirkt, dass das Multimeter den exakten Wert der Netzfrequenz misst und die Referenzfrequenz auf diesen Wert einstellt (bzw. auf ein Achtel dieses Wertes, falls er zwischen 360 und 440 Hz liegt).

### Anmerkungen

- Beim Einschalten misst das Multimeter die Netzfrequenz, rundet den Wert auf 50 Hz oder 60 Hz, und stellt die Referenzfrequenz für den A/D-Wandler auf diesen gerundeten Wert ein. (Beim Betrieb an 400 Hz Netzfrequenz wird die Referenzfrequenz auf 50 Hz – eine Subharmonische von 400 Hz – eingestellt.)

- Die Schrittweite für die Periode der Referenzfrequenz beträgt 100 ns. Bei 60 Hz Referenzfrequenz, beispielsweise, beträgt deren Periode  $1/60 \text{ Hz} = 1 \text{ s} = 0.0166666\ldots$  Da die Schrittweite 100 ns beträgt, verwendet das Multimeter den Wert 0.01666667s. Die Schrittweite macht sich am deutlichsten bemerkbar, wenn Sie die Referenzfrequenz mit dem Befehl LFREQ? abfragen. Wenn Sie beispielsweise LFREQ 60 spezifiziert haben, liefert der Befehl LFREQ den Wert 59.99988 (1/0.0166667) zurück.
- Das Multimeter bestimmt die tatsächliche Integrationszeit, indem es die Periode der Referenzfrequenz mit der spezifizierten Anzahl von Netzspannungszyklen (Befehl NPLC) multipliziert. Die NMR-(Gegentakt-Störunterdrückung) Spezifikationen des Multimeters für DC- und Widerstandsmessungen sind mit der Genauigkeit der Referenzfrequenz des A/D-Wandlers verknüpft.
- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl LFREQ? liefert den aktuellen Wert der Referenzfrequenz des A/D-Wandlers zurück. Da die Schrittweite 100 ns beträgt, weicht das Ergebnis der Abfrage LFREQ geringfügig von dem spezifizierten Wert ab, falls dieser nicht ganzzahlig durch 1/100 ns teilbar ist. Weitere Informationen hierzu siehe unter "**Abfragebefehle**" am Anfang dieses Kapitels.
- **Verwandte Befehle:** LINE?, NPLC

### Beispiel

```
OUTPUT 722; "LFREQ LINE" !Netzfrequenz messen, Referenzfrequenz auf
!den gemessenen Wert (für 400 Hz Netzfrequenz: auf
!ein Achtel des gemessenen Wertes) einstellen
```

LINE?

**"Line Frequency"-Abfrage.** Dieser Befehl bewirkt die Messung und Rückmeldung der Netzfrequenz.

### Syntax

LINE?

## Anmerkungen

- Unter der Beschreibung des Befehls **LFREQ** finden Sie ein Beispiel dafür, wie die Netzfrequenz gemessen und die Referenzfrequenz des A/D-Wandlers automatisch auf den gemessenen Wert eingestellt wird.

- Verwandte Befehle:** LFREQ

```
10 OUTPUT 722; "LINE?"      !Netzfrequenz messen
20 ENTER 722;A              !Antwort in die Variable A$ einlesen
30 PRINT A                  !Antwort anzeigen
40 END
```

## LOCK

**"Lockout"**. Dieser Befehl aktiviert oder deaktiviert die Tastatur des Multimeters.

### Syntax

LOCK [Modus]

*Modus*

Für den Parameter *Modus* stehen folgende Werte zur Auswahl:

| Modus | Numer.<br>Abfrage-<br>Äquivalent | Beschreibung   |
|-------|----------------------------------|--|
| OFF   | 0                                | Aktiviert die Tastatur (normale Funktionsweise)      |
| ON    | 1                                | Deaktiviert die Tastatur (Tasten sind ohne Funktion) |

Einschaltzustand-Wert *Modus*= OFF.

Standardwert *Modus* = ON.

## Anmerkungen

- Der Befehl LOCK ist zwar über das alphabetische Befehlsverzeichnis zugänglich, doch hat die Ausführung dieses Befehls in der manuellen Betriebsart keinerlei Auswirkungen.

- Nachdem Sie die Tastatur deaktiviert haben, können Sie sie nur vom Steuercomputer aus oder durch Aus- und Wiedereinschalten des Multimeters wieder aktivieren. Der Befehl LOCK deaktiviert die Local-Taste des Multimeters.
- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl LOCK? liefert den aktuellen LOCK-Modus zurück. Weitere Informationen hierzu siehe unter "**Abfragebefehle**" am Anfang dieses Kapitels.
- **Verwandte Befehle:** LOCAL LOCKOUT (GPIB-Universalbefehl)

### Beispiel

`OUTPUT 722;"LOCK ON" !Tastatur deaktivieren`

## MATH

Der Befehl MATH aktiviert oder deaktiviert die spezifizierten Echtzeit-Math-Operationen.

### Syntax

`MATH [Operation_a][,Operation_b]`

#### *Operation*

Für diesen Parameter stehen folgende Werte zur Auswahl:

| <i>Operation</i> | Numerisches Äquivalent | Beschreibung   |
|------------------|------------------------|--|
| OFF              | 0                      | Deaktiviert alle aktiven Echtzeit-Math-Operationen.  |
| CONT             | 1                      | Reaktiviert die zuletzt aktive Math-Operation. Durch MATH CONT,CONT können beide zuletzt aktiven Math-Operationen reaktiviert werden.  |
| CTHRM            | 3                      | Ergebnis = Temperatur (Celsius) eines 5 kΩ-Thermistors (40653B). Als Messfunktion muss OHM oder OHMF (Bereich 10 kΩ oder höher) gewählt sein.  |
| DB               | 4                      | Ergebnis = $20 \times \log_{10}(\text{Messwert}/\text{REF-Register})$ . Das REF-Register enthält standardmäßig den Wert 1; die Operation liefert in diesem Fall ein Ergebnis in dBV. |

| <b>Operation</b> | <b>Numerisches Äquivalent</b> | <b>Beschreibung</b>  |
|------------------|-------------------------------|--|
| DBM              | 5                             | Ergebnis = $10 \times \log_{10}(\text{Messwert}^2/\text{RES-Register}/1\text{mW})$ . Als Messfunktion muss ACV, DCV oder ACDCV gewählt sein.   |
| FILTER           | 6                             | Ergebnis = Ausgangswert des exponentiell wichtenden digitalen Tiefpassfilters. Die Antwort ist vom Inhalt des DEGREE-Registers abhängig.   |
| FTHRM            | 8                             | Ergebnis = Temperatur (Fahrenheit) eines 5 kΩ-Thermistors (40653B). Als Messfunktion muss OHM oder OHMF (Bereich 10 kΩ oder höher) gewählt sein.   |
| NULL             | 9                             | Ergebnis = Messwert – OFFSET-Register. Der erste Messwert wird automatisch in das OFFSET-Register geschrieben; anschließend kann dieser Wert mit einem beliebigen Wert überschrieben werden.   |
| PERC             | 10                            | Ergebnis = ((Messwert – PERC-Register) / PERC-Register x 100).   |
| PFAIL            | 11                            | Ergebnis des Messwertvergleichs mit den Inhalten der MAX- und MIN-Register.  |
| RMS              | 12                            | Ergebnis = Quadratwurzel aus dem Ergebnis der auf den quadrierten Messwert angewandten FILTER-Operation.   |
| SCALE            | 13                            | Ergebnis = (Messwert – OFFSET-Register) / SCALE-Register.  |
| STAT             | 14                            | Diese Operation führt statistische Berechnungen auf dem aktuellen Messdatensatz aus und speichert die Ergebnisse in folgende Register:<br>SDEV = Standardabweichung<br>MEAN = Mittelwert<br>NSAMP = Anzahl der Messwerte<br>UPPER = Größter Messwert<br>LOWER = Kleinster Messwert |
| CTHRM2K          | 16                            | Ergebnis = Temperatur (Celsius) eines 2 kΩ-Thermistors (40653A). Als Messfunktion muss OHM oder OHMF gewählt sein.   |
| CTHRM10K         | 17                            | Ergebnis = Temperatur (Celsius) eines 10 kΩ-Thermistors (40653C). Als Messfunktion muss OHM oder OHMF gewählt sein.  |
| FTHRM2K          | 18                            | Ergebnis = Temperatur (Fahrenheit) eines 2 kΩ-Thermistors (40653A). Als Messfunktion muss OHM oder OHMF gewählt sein.  |

| <b><i>Operation</i></b> | <b>Numerisches Äquivalent</b> | <b>Beschreibung</b>  |
|-------------------------|-------------------------------|--|
| FTHRM10K                | 19                            | Ergebnis = Temperatur (Fahrenheit) eines 10 kΩ-Thermistors (40653C). Als Messfunktion muss OHM oder OHMF gewählt sein.   |
| CRTD85                  | 20                            | Ergebnis = Temperatur (Celsius) eines 100 Ω -PTC-Widerstands mit einem Alpha-Wert von 0,00385 (40654A oder 406548). Als Messfunktion muss OHM oder OHMF gewählt sein.    |
| CRTD92                  | 21                            | Ergebnis = Temperatur (Celsius) eines 100 Ω -PTC-Widerstands mit einem Alpha-Wert von 0,003916. Als Messfunktion muss OHM oder OHMF gewählt sein.                        |
| FRTD85                  | 22                            | Ergebnis = Temperatur (Fahrenheit) eines 100 Ω -PTC-Widerstands mit einem Alpha-Wert von 0,00385 (40654A oder 406548). Als Messfunktion muss OHM oder OHMF gewählt sein. |
| FRTD92                  | 23                            | Ergebnis = Temperatur (Fahrenheit) eines 100 Ω -PTC-Widerstands mit einem Alpha-Wert von 0,003916. Als Messfunktion muss OHM oder OHMF gewählt sein.                     |

Einschaltzustand-Wert *Operation\_a, Operation\_b* = OFF,OFF.  
 Standardwert *Operation\_a, Operation\_b* = OFF,OFF.

Einschaltzustand-Wert Register Werte = alle Register werden auf 0 gesetzt, mit folgenden Ausnahmen:

|             |          |
|-------------|----------|
| DEGREE = 20 | REF = 1  |
| SCALE = 1   | RES = 50 |
| PERC = 1    |          |

## Anmerkungen

- Die Math-Operationen FILTER, RMS, STAT oder PFAIL werden auf alle nachfolgenden Messwerte angewandt. Wenn jedoch die Multimeterkonfiguration verändert wird, werden die bisherigen Math-Ergebnisse gelöscht, und die Operation beginnt mit den neuen Messwerten von vorne. Alle anderen Math-Operationen bleiben so lange aktiv, bis sie mit dem Befehl MATH OFF deaktiviert werden, oder bis mit dem Befehl MATH eine oder zwei andere Math-Operation(en) spezifiziert wird (werden), oder bis Post-Processing-Math-Operationen (außer MMATH PFAIL oder MMATH STAT, siehe Beschreibung des Befehls MMATH) aktiviert werden.
- Wenn zwei Echtzeit-Math-Operationen aktiv sind, wird zunächst die *Operation\_a* auf den Messwert angewandt. Danach wird die *Operation\_b* auf das Ergebnis der ersten Operation angewandt.
- Wenn eine Echtzeit-Math-Operation aktiv ist, wird aus der halben Messwertanzeigestelle eine volle. Wenn Sie beispielsweise ACV-Messungen mit einer Auflösung von 4.5 Stellen durchführen und dann die Math-Operation SCALE aktivieren, kann das Display volle fünf Stellen anzeigen.
- Mit dem Befehl SMATH können Sie beliebige Werte in die Math-Register schreiben. Mit dem Befehl RMATH können Sie die Inhalte der Math-Register abfragen.
- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl MATH? liefert zwei durch Komma getrennte Werte zurück, nämlich den (die) Identifizierer der aktive(n) Echtzeit-Math-Operation(en). Weitere Informationen hierzu siehe unter "Abfragebefehle" am Anfang dieses Kapitels.
- **Verwandte Befehle:** MMATH, RMATH, SMATH

## Beispiel

Das folgende Programm wendet die Echtzeit-NULL-Operation auf 20 Messwerte an. Nach Ausführung des Befehls NULL wird die erste Messung durch Zeile 50 getriggert. Der Wert im OFFSET-Register wird anschließend auf 3.05 abgeändert. Die 20 Messwerte werden durch die Programmzeile 90 getriggert; von allen diesen Messwerten wird der Wert 3.05 subtrahiert.

```

10 OPTION BASE 1           !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 DIM Rdgs(20)          !Dimensionierung eines Arrays für 20 Messwerte
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM" !PRESET, Einzelmessung, AUTO, Messfunktion
35                         !DCV, Bereich 10 V
40 OUTPUT 722;"MATH NULL" !Echtzeit-Null-Math-Operation aktivieren
50 OUTPUT 722;"TRIG SGL"  !Eine Messung triggern, gespeichert in Offset
60 OUTPUT 722;"SMATH OFFSET,3.05" !Den Wert 3.05 in das Offset-Register
65                         !schreiben
70 OUTPUT 722;"NRDGS 20"   !20 Messungen pro Trigger
80 OUTPUT 722;"TRIG SYN"  !Triggerereignis SYN
90 ENTER 722;Rdgs(*)      !SYN-Ereignis, nullpunktkorrigierte Messwerte
95                         !einlesen
100 PRINT Rdgs(*)         !Nullpunktcorrigeerte Messwerte ausdrucken
110 END

```

## MCOUNT?

**"Memory Count"-Abfrage.** Dieser Befehl liefert die Gesamtzahl der gespeicherten Messwerte zurück.

### Syntax

MCOUNT?

### Anmerkungen

- **Verwandte Befehle:** MEM, MFORMAT, MSIZE, RMEM

### Beispiel

```

10 OUTPUT 722; "MCOUNT?"    !Abfrage der Gesamtzahl gespeicherter Messwerte
20 ENTER 722;A              !Einlesen der Antwort in die Variable A
30 PRINT A                  !Antwort anzeigen
40 END

```

## MEM

**"Memory"**. Dieser Befehl aktiviert oder deaktiviert den Messwertspeicher und spezifiziert den Speicher-Modus.

### Syntax

MEM [Modus]

#### Modus

Für den Parameter *Modus* stehen folgende Werte zur Auswahl:

| Modus | Numer.<br>Abfrage-<br>Äquivalent | Beschreibung   |
|-------|----------------------------------|--|
| OFF   | 0                                | Messwertspeicherung wird gestoppt (wobei die gespeicherten Messwerte erhalten bleiben).  |
| LIFO  | 1                                | Der Messwertspeicher wird gelöscht, und nachfolgende Messwerte werden im LIFO-Modus (Last-In-First-Out) gespeichert.   |
| FIFO  | 2                                | Der Messwertspeicher wird gelöscht, und nachfolgende Messwerte werden im FIFO-Modus (First-In-Last-Out) gespeichert.   |
| CONT  | 3                                | Die gespeicherte Messwerte bleiben erhalten, und die Messwertspeicherung wird in dem zuletzt spezifizierten Modus fortgesetzt (falls noch kein Modus spezifiziert wurde, wird automatisch FIFO gewählt). |

Einschaltzustand-Wert *Modus* = OFF

Standardwert *Modus* = ON.

## Anmerkungen

- Wenn im "High-Speed"-Modus der Messwertspeicher aktiv und als FIFO-Speicher konfiguriert ist, wird das Triggerfreigabeereignis automatisch zu HOLD, sobald der Messwertspeicher voll ist; dadurch werden die Messungen gestoppt, und das Multimeter schaltet vom "High-Speed"-Modus in den normalen Modus um. Nach dem Auslesen einiger oder aller Messwerte aus dem Messwertspeicher können Sie die Wiederaufnahme der Messungen initiieren, indem Sie mit dem Befehl TARM ein anderes Triggerfreigabeereignis spezifizieren. Wenn das Multimeter sich nicht im "High-Speed"-Modus befindet und der Messwertspeicher im FIFO-Modus voll wird, bleiben die gespeicherten Messwerte erhalten, und es werden keine weiteren Messwerte mehr abgespeichert. Wenn der Messwertspeicher im LIFO-Modus voll wird, werden die jeweils ältesten Messwerte durch die neuesten überschrieben, ganz gleich, ob sich das Multimeter im "High-Speed"-Modus befindet oder nicht.
- Wenn der Steuercomputer Daten vom Multimeter anfordert und der Ausgangspuffer leer ist, wird jeweils ein Messwert aus dem Messwertspeicher in den Ausgangspuffer und von dort zum Steuercomputer übertragen (gilt für LIFO- und FIFO-Modus). Dieses Verfahren des Messwertabrufs wird als "impliziertes Lesen" bezeichnet. Im LIFO-Modus wird der jeweils jüngste Messwert ausgegeben. Im FIFO-Modus wird der jeweils älteste Messwert ausgegeben. Der Messwertspeichermodus (LIFO oder FIFO) ist nur dann von Bedeutung, wenn Sie Messwerte durch "impliziertes Lesen" abrufen. Der Messwertspeichermodus hat keinen Einfluss auf Messwerte, die mit dem Befehl RMEM eingelesen werden.
- Das Speicherformat (SINT, DINT, ASCII, SREAL oder DREAL) wird mit dem Befehl MFORMAT spezifiziert.
- Der Befehl RMEM deaktiviert (OFF) den Messwertspeicher. Nach Ausführung des Befehls RMEM müssen Sie den Messwertspeicher mit dem Befehl MEM CONT, MEM FIFO oder MEM LIFO reaktivieren.
- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl MEM? liefert den aktuellen Messwertspeichermodus zurück. Weitere Informationen hierzu siehe unter "**Abfragebefehle**" am Anfang dieses Kapitels.
- **Verwandte Befehle:** MCOUNT?, MFORMAT, MSIZE, RMEM

## Beispiel

```
OUTPUT 722;"MEM FIFO" !Messwertspeicher aktivieren, FIFO-Modus
```

## MENU

Mit dem Befehl MENU können Sie zwischen der kurzen (SHORT) oder der vollständigen (FULL) Befehlsliste im alphabetischen Befehlsmenü wählen.

### Syntax

MENU [*Modus*]

#### *Modus*

Für den Parameter *Modus* stehen folgende Werte zur Auswahl:

| <b>Modus</b> | <b>Numer.<br/>Abfrage-<br/>Äquivalent</b> | <b>Beschreibung</b>        |
|--------------|---|----------------------------|
| SHORT        | 0   | Kurzes Befehlsmenü.        |
| FULL         | 1   | Vollständiges Befehlsmenü. |

Einschaltzustand-Wert *Modus* = der zuletzt vor dem Ausschalten des Multimeters gewählte Modus.  
 Standardwert *Modus* = FULL.

### Anmerkungen

- Um auf das alphabetische Befehlsmenü zuzugreifen, drücken Sie eine der SHIFT-MENU-Tasten (C, E, L, N, R, S oder T). Anschließend können Sie den gewünschten Befehl mit der Pfeil-oben- oder Pfeil-unten-Taste wählen.
- Der Parameter *Modus* wird nichtflüchtig gespeichert (d. h. er geht beim Ausschalten des Gerätes nicht verloren).
- Das FULL-Menü enthält alle Befehle außer den Abfragebefehlen; letztere können durch einfaches Anfügen eines Fragezeichens an den jeweiligen Grundbefehl konstruiert werden (beispielsweise BEEP, BEEP?). Im SHORT-Menü fehlen die GPIB-spezifischen Befehle sowie alle Befehle, denen eine dedizierte Frontplattentaste zugeordnet ist (beispielsweise RSTATE, Recall State).

- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl MENU? liefert den aktuellen MENU-Modus zurück. Weitere Informationen hierzu siehe unter "**Abfragebefehle**" am Anfang dieses Kapitels.
- **Verwandte Befehle:** DEFKEY, LOCK

### Beispiel

OUTPUT 722;"MENU SHORT" !SHORT-Menü wählen

## MFORMAT

**"Memory Format".** Dieser Befehl löscht den Messwertspeicher und spezifiziert das Speicherformat für neue Messwerte.

### Syntax

MFORMAT [*Format*]

*Format*

Für den Parameter *Format* stehen folgende Werte zur Auswahl:

| <i>Format</i> | Numer.<br>Abfrage-<br>Äquivalent | Beschreibung  |
|---------------|----------------------------------|---|
| ASCII         | 1                                | ASCII – 16 Bytes pro Messwert <sup>[a]</sup>                                |
| SINT          | 2                                | Single Integer – 16 Bit-Zweierkomplement-Darstellung (2 Bytes pro Messwert) |
| DINT          | 3                                | Double Integer – 32 Bit-Zweierkomplement-Darstellung (4 Bytes pro Messwert) |
| SREAL         | 4                                | Single Real – (IEEE-754) 32 Bits (4 Bytes pro Messwert)                     |
| DREAL         | 5                                | Double Real – (IEEE-754) 64 Bits (8 Bytes pro Messwert)                     |

[a] Genau genommen, verwendet das ASCII-Format 15 Bytes zur Messwertdarstellung und ein weiteres Byte, das stets das Null-Zeichen enthält und als Trennzeichen dient.

Einschaltzustand-Wert *Format* = SREAL.  
Standardwert *Format* = 0.

## Anmerkungen

- Bei einer Messbereichsüberschreitung wird statt eines Messwertes der Wert  $\pm 1E+38$  in den Messwertspeicher geschrieben. Wird ein solcher Bereichsüberschreitungswert in das Display abgerufen, so wird  $\pm 1E+38$  angezeigt. Bei der Übertragung eines Bereichsüberschreitungswertes vom Messwertspeicher in den GPIB-Ausgangspuffer wird dieser automatisch in den Bereichsüberschreitungswert für das spezifizierte Ausgabeformat konvertiert. (Einzelheiten siehe Beschreibung des Befehls **OFORMAT**.)
- Wenn das Multimeter einen Messwert im SINT- oder DINT-Format abspeichert, setzt es einen bestimmten Skalierungsfaktor voraus. Dieser ist von der Messfunktion, dem Bereich, der A/D-Wandler-Konfiguration und (gegebenenfalls) den aktiven mathematischen Operationen abhängig. Beim Abrufen eines Messwertes berechnet das Multimeter den Skalierungsfaktor auf der Basis der aktuellen Einstellungen (Messfunktion, Bereich, A/D-Wandler-Konfiguration und aktive Math-Operationen). Danach multipliziert es den Skalierungsfaktor mit dem gespeicherten Messwert und sendet das Ergebnis (= abgerufener Messwert) zum Display oder Ausgangspuffer. Deshalb müssen Sie beim Abrufen von Messwerten im SINT- oder DINT-Format sicherstellen, dass die Multimeterkonfiguration mit derjenigen zum Zeitpunkt der Messwertspeicherung übereinstimmt.
- Das Ausgabe-/Speicherformat SINT oder DINT sollte nicht verwendet werden für Frequenz- oder Periodenmessungen, bei denen Echtzeit- oder Post-Processing-Math-Operationen (außer STAT oder PFAIL) angewandt werden oder bei denen die "Autorange"-Funktion aktiv ist.
- Das Speicherformat hat keinen Einfluss auf das mit dem Befehl OFORMAT spezifizierte Ausgabeformat.
- Der Messwertspeicher wird mit dem Befehl MEM aktiviert. Gespeicherte Messwerte können entweder mit dem Befehl RMEM oder durch "impliziertes Lesen" in den Steuercomputer eingelesen werden. Das "implizierte Lesen" wird unter "**Benutzung des Messwertspeichers**" in **Kapitel 4** erläutert.
- Wenn der Messwertspeicher für "Sub-Sampling"-Messungen (Befehl SSAC oder SSDC) benutzt wird, muss vor Beginn der Messungen das Speicherformat SINT und der Messwertspeichermodus FIFO (Befehl MEM FIFO) gewählt werden, und der Messwertspeicher muss leer sein (was mit dem Befehl MEM FIFO erreicht werden kann). Falls diese Bedingungen beim Eintreten des Triggerfreigabeereignisses nicht erfüllt sind, erfolgt eine Fehlermeldung.

- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl MFORMAT? liefert das aktuelle Speicherformat zurück. Weitere Informationen hierzu siehe unter "[Abfragebefehle](#)" am Anfang dieses Kapitels.
- **Verwandte Befehle:** MCOUNT?, MEM, MSIZE, RMEM

### Beispiel

```

10 OUTPUT 722;"NPLC 10"      !Integrationszeit 10 PLC
20 OUTPUT 722;"DCV 7"        !Messfunktion DCV, Bereich 10 V
30 OUTPUT 722;"MATH OFF"     !Math-Operationen deaktivieren
40 OUTPUT 722;"MEM FIFO"     !Messwertspeicher aktivieren, FIFO-Modus
50 OUTPUT 722;"MFORMAT DINT" !Speicherformat DINT
60 END

```

Achten Sie darauf, dass das Multimeter beim Abrufen gespeicherter Messwerte genauso konfiguriert ist wie zum Zeitpunkt der Messwertspeicherung.

## MMATH

**"Memory Math".** Dieser Befehl aktiviert oder deaktiviert die Post-Processing-Math-Operationen.

### Syntax

MMATH [*Operation\_a*][,*Operation\_b*]

*Operation*

Für diesen Parameter stehen folgende Werte zur Auswahl:

| <i>Operation</i> | Numerisches Äquivalent | Beschreibung  |
|------------------|------------------------|---|
| OFF              | 0                      | Alle Post-Processing-Math-Operationen werden deaktiviert.   |
| CONT             | 1                      | Reaktiviert die zuletzt aktive Math-Operation. Durch MMATH CONT,CONT können beide zuletzt aktiven Math-Operationen reaktiviert werden.        |
| CTHRM            | 3                      | Ergebnis = Temperatur (Celsius) eines 5 kΩ-Thermistors (40653B). Als Messfunktion muss OHM oder OHMF (Bereich 10 kΩ oder höher) gewählt sein. |

| <b><i>Operation</i></b> | <b>Numerisches Äquivalent</b> | <b>Beschreibung</b>  |
|-------------------------|-------------------------------|--|
| DB                      | 4                             | Ergebnis = $20 \times \log_{10}(\text{Messwert}/\text{REF-Register})$ . Das REF-Register enthält standardmäßig den Wert 1; die Operation liefert in diesem Fall ein Ergebnis in dBV.   |
| DBM                     | 5                             | Ergebnis = $10 \times \log_{10}(\text{Messwert}^2/\text{RES-Register}/1 \text{ mW})$ . Als Messfunktion muss ACV, DCV oder ACDCV gewählt sein.   |
| FILTER                  | 6                             | Ergebnis = Ausgangswert des exponentiell wichtenden digitalen Tiefpassfilters. Die Antwort ist vom Inhalt des DEGREE-Registers abhängig.   |
| FTHRM                   | 8                             | Ergebnis = Temperatur (Fahrenheit) eines 5 kΩ-Thermistors (40653B). Als Messfunktion muss OHM oder OHMF (Bereich 10 kΩ oder höher) gewählt sein.   |
| NULL                    | 9                             | Ergebnis = Messwert – OFFSET-Register. Der erste Messwert wird automatisch in das OFFSET-Register geschrieben; anschließend kann dieser Wert mit einem beliebigen Wert überschrieben werden.   |
| PERC                    | 10                            | Ergebnis = $((\text{Messwert} - \text{PERC-Register}) / \text{PERC-Register} \times 100)$ .  |
| PFAIL                   | 11                            | Ergebnis des Messwertvergleichs mit den Inhalten der MAX- und MIN-Register.  |
| RMS                     | 12                            | Ergebnis = Quadratwurzel aus dem Ergebnis der auf den quadrierten Messwert angewandten FILTER-Operation.   |
| SCALE                   | 13                            | Ergebnis = $(\text{Messwert} - \text{OFFSET-Register}) / \text{SCALE-Register}$ .  |
| STAT                    | 14                            | Diese Operation führt statistische Berechnungen auf dem aktuellen Messdatensatz aus und speichert die Ergebnisse in folgende Register:<br>SDEV = Standardabweichung<br>MEAN = Mittelwert<br>NSAMP = Anzahl der Messwerte<br>UPPER = Größter Messwert<br>LOWER = Kleinster Messwert |
| CTHRM2K                 | 16                            | Ergebnis = Temperatur (Celsius) eines 2 kΩ-Thermistors (40653A). Als Messfunktion muss OHM oder OHMF gewählt sein.   |
| CTHRM10K                | 17                            | Ergebnis = Temperatur (Celsius) eines 10 kΩ-Thermistors (40653C). Als Messfunktion muss OHM oder OHMF gewählt sein.  |

| <i>Operation</i> | Numerisches Äquivalent | Beschreibung   |
|------------------|------------------------|--|
| FTHRM2K          | 18                     | Ergebnis = Temperatur (Fahrenheit) eines 2 kΩ-Thermistors (40653A). Als Messfunktion muss OHM oder OHMF gewählt sein.  |
| FTHRM10K         | 19                     | Ergebnis = Temperatur (Fahrenheit) eines 10 kΩ-Thermistors (40653C). Als Messfunktion muss OHM oder OHMF gewählt sein.   |
| CRTD85           | 20                     | Ergebnis = Temperatur (Celsius) eines 100 Ω -PTC-Widerstands mit einem Alpha-Wert von 0,00385 (40654A oder 40654B). Als Messfunktion muss OHM oder OHMF gewählt sein.    |
| CRTD92           | 21                     | Ergebnis = Temperatur (Celsius) eines 100 Ω -PTC-Widerstands mit einem Alpha-Wert von 0,003916. Als Messfunktion muss OHM oder OHMF gewählt sein.                        |
| FRTD85           | 22                     | Ergebnis = Temperatur (Fahrenheit) eines 100 Ω -PTC-Widerstands mit einem Alpha-Wert von 0,00385 (40654A oder 40654B). Als Messfunktion muss OHM oder OHMF gewählt sein. |
| FRTD92           | 23                     | Ergebnis = Temperatur (Fahrenheit) eines 100 Ω -PTC-Widerstands mit einem Alpha-Wert von 0,003916. Als Messfunktion muss OHM oder OHMF gewählt sein.                     |

Einschaltzustand-Wert *Operation\_a, Operation\_b* = OFF,OFF.

Standardwert *Operation\_a, Operation\_b* = OFF,OFF.

Einschaltzustand-Wert *Register Werte* = alle Register werden auf 0 gesetzt, mit folgenden Ausnahmen:

DEGREE = 20      REF = 1

SCALE = 1      RES = 50

PERC = 1

## Anmerkungen

- Wenn eine Post-Processing-Math-Operation aktiv ist, wird diese auf jeden Messwert angewandt, sobald dieser aus dem Messwertspeicher ausgelesen oder in das Display oder den GPIB-Ausgangspuffer kopiert wird (dies gilt nicht für STAT und PFAIL). (Die im Messwertspeicher enthaltenen Messwerte werden durch Post-Processing-Math-Operationen nicht verändert.) Die Post-Processing-Math-Operationen STAT und PFAIL werden sofort nach Ausführung des Befehls MMATH auf die im Messwertspeicher enthaltenen Messwerte angewandt. (Für Messwerte, die nach Ausführung des Befehls MMATH in den Messwertspeicher geschrieben wurden, werden die Operationen STAT und PFAIL nicht aktualisiert.)
- Die Ergebnisse der STAT-Operation werden in die Math-Register SDEV, MEAN, NSAMP, UPPER und LOWER geschrieben (Informationen über diese Register finden Sie unter der Beschreibung des Befehls RMATH).
- Wenn die PFAIL-Operation einen außerhalb der Grenzwerte liegenden Messwert entdeckt, wird das Statusregisterbit Nummer 1 gesetzt. (Falls dieses Bit mit dem Befehl RQS SRQ-fähig gemacht wurde, wird außerdem die SRQ-Leitung aktiviert). Außerdem wird im Display die Meldung FAILED LOW oder FAILED HIGH angezeigt.
- Eine aktive Post-Processing-Math-Operation bleibt so lange aktiv, bis sie mit dem Befehl MMATH OFF deaktiviert wird, oder bis eine Echtzeit-Math-Operation aktiviert wird (Befehl MATH), oder bis mit dem Befehl MMATH eine andere Math-Operation spezifiziert wird. (Ausnahmen siehe nachfolgende Anmerkung).
- Wenn der Befehl MMATH über die Frontplatte eingegeben wird, wird das Ergebnis nur zum Display gesendet. Wenn das Multimeter den MMATH im Fernsteuerungsbetrieb empfängt, wird das Ergebnis nur in den Ausgangspuffer übertragen.
- Wenn zwei Echtzeit-Math-Operationen aktiv sind, wird zunächst die *Operation\_a* auf den Messwert angewandt. Danach wird die *Operation\_b* auf das Ergebnis der ersten Operation angewandt.
- Wenn eine Post-Processing-Math-Operation aktiv ist, wird aus der halben Messwertanzeigestelle eine volle. Wenn Sie beispielsweise ACV-Messungen mit einer Auflösung von 4.5 Stellen durchführen und dann die Math-Operation SCALE aktivieren, kann das Display volle fünf Stellen anzeigen.

- Mit dem Befehl SMATH können Sie beliebige Werte in die Math-Register schreiben. Mit dem Befehl RMATH können Sie die Inhalte der Math-Register abfragen.
- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl MMATH? liefert zwei durch Komma getrennte Werte zurück, nämlich den (die) Identifizierer der aktive(n) Post-Processing-Math-Operation(en).
- Wenn Sie Messwerte mit dem Befehl RMEM abrufen, wird dadurch der Messwertspeicher automatisch deaktiviert. Das bedeutet, dass keine neuen Messwerte in den Messwertspeicher geschrieben werden und auch keine Math-Operation auf neue Messwerte angewandt werden kann. Wenn Sie Messwerte durch "impliziertes Lesen" abrufen, wird der Messwertspeicher nicht deaktiviert.
- **Verwandte Befehle:** MATH, MEM, RMATH, RMEM, SMATH

### Beispiel

Das folgende Programm wendet die Post-Processing-NULL-Operation auf 20 Messwerte an. Nach Ausführung des Befehls MMATH NULL werden 21 Messwerte erfasst und im Messwertspeicher abgelegt; der Messwertspeicher ist als FIFO-Speicher konfiguriert. In Zeile 80 wird der erste, im OFFSET-Register gespeicherte Messwert abgerufen. Der Wert im OFFSET-Register wird anschließend auf 3.05 abgeändert. Dann werden die übrigen 20 Messwerte aus dem Messwertspeicher abgerufen, und es wird auf jeden dieser Messwerte die NULL-Operation angewandt.

```

10 OPTION BASE 1           !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 DIM Rdgs(20)           !Dimensionierung eines Arrays für 20 Mess-
25                         !werte
30 OUTPUT 722; "PRESET NORM" !PRESET, Einzelmessung, AUTO, Messfunktion
35                         !DCV, Bereich 10 V
40 OUTPUT 722;"MEM FIFO"   !Messwertspeicher aktivieren, FIFO-Modus
50 OUTPUT 722;"MMATH NULL" !Post-Processing-Null-Operation aktivieren
60 OUTPUT 722;"NRDGS 21"    !21 Messungen pro Trigger
70 OUTPUT 722;"TRIG SGL"   !Messungen triggern
80 ENTER 722;A             !Den ersten Messwert mittels impliziertem
85                         !Lesen einlesen
90 OUTPUT 722; "SMATH OFFSET, 3.05"!Den Wert 3.05 in das Offset-Register
95                         !schreiben
100 ENTER 722;Rdgs(*)      !Messwerte mittels impliziertem Lesen

```

```

105          !einlesen, Null-Operation auf den
106          !jeweiligen Messwert anwenden
110 PRINT Rdgs(*)
111          !Nullpunkt-korrigierte Messwerte ausdrucken
120 END

```

## MSIZE

**"Memory size".** Bei einem früheren Multimetermodell diente der Befehl MSIZE dazu, den gesamten Speicher zu löschen und Speicherplatz für Messwerte, Unterprogramme und Gerätezustände zuzuweisen. Das Modell 3458 akzeptiert den Befehl MSIZE aus Gründen der Sprachkompatibilität; allerdings hat der Befehl bei diesem Modell keine Funktion, weil die Speicherzuordnung des 3458 unveränderlich ist. Mit dem Abfragebefehl MSIZE? können Sie jedoch die Gesamt-Speicherkapazität und die Größe des größten unbenutzten Unterprogramm-/Zustandsspeicher-Block abfragen.

### Syntax

MSIZE [Messwertspeicher][,Unterprogrammspeicher ]

### Anmerkungen

- Der Unterprogramm-/Zustandsspeicher wird eventuell, je nach Nutzung, in zahlreiche kleine Blöcke unterteilt (fragmentiert). Der Abfragebefehl MSIZE? liefert zwei Werte zurück: die Gesamtgröße (in Byte) des Messwertspeichers und die Größe (in Byte) des größten unbenutzten Unterprogramm-/Zustandsspeicher-Blocks. Mit dem Befehl SCRATCH können Sie sämtliche Unterprogramme und Zustände aus dem Speicher löschen und diese Speicherbereiche defragmentieren (d. h. einen zusammenhängenden Speicherbereich daraus machen). Beim Einschalten des Gerätes wird der Speicher, soweit möglich, automatisch defragmentiert.
- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl MSIZE? liefert zwei durch Kommas getrennte Werte zurück. Der erste Wert gibt die Größe des Messwertspeichers (in Byte) an. Der zweite Wert gibt die Größe (in Byte) des größten unbenutzten Unterprogramm-/Zustandsspeicher-Blocks an.
- **Verwandte Befehle:** MCOUNT?, MEM, MFORMAT, RMEM, DELSUB, SCRATCH, SUB, SUBEND, SSTATE

## Beispiel

```

10 OUTPUT 722; "MSIZE?"      !Speichergrößen abfragen
20 ENTER 722;A,B            !Antworten einlesen
30 PRINT A,B                !Antworten anzeigen
40 END

```

## NDIG

**"Number of Digits"**. Dieser Befehl spezifiziert die Anzahl der im Display anzuzeigenden Dezimalstellen.

### Syntax

NDIG [*Wert*]

*Wert*

*Wert* muss eine Integer-Zahl im Bereich von 3 bis 8 sein. (Der Wert enthält eine implizite ½ Stelle; der Befehl NDIG 3, beispielsweise, bewirkt, dass 3½ Stellen angezeigt werden.)

Einschaltzustand-Wert *Wert* = 7 (7½ Stellen).

Standardwert *Wert* = 7 (7½ Stellen).

### Anmerkungen

- Der Befehl NDIG spezifiziert die maximale Anzahl der anzuzeigenden Dezimalstellen. Er hat keinen Einfluss auf die A/D-Wandler-Auflösung oder auf die Auflösung der zum Messwertspeicher oder Steuercomputer übertragenen Messwerte. Das Multimeter kann nicht mehr Stellen anzeigen, als vom A/D-Wandler aufgelöst werden.
- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl NDIG? liefert die Anzahl der angezeigten Dezimalstellen zurück. Weitere Informationen hierzu siehe unter "["Abfragebefehle"](#) am Anfang dieses Kapitels.
- **Verwandte Befehle:** DISP

## Beispiel

```

10 OUTPUT 722; "RESET"  !Einschaltzustand wiederherstellen
20 OUTPUT 722;"NDIG 8"  !8 1/2 Stellen anzeigen
30 END

```

## NPLC

**"Number of Power Line Cycles".** Dieser Befehl spezifiziert die A/D-Wandler-Integrationszeit in der Einheit "Anzahl von Netzspannungszyklen". Die Integrationszeit ist das Zeitintervall, über das der A/D-Wandler das Eingangssignal misst.

### Syntax

NPLC [*Netzspannungszyklen*]

*Netzspannungszyklen*

Der Befehl NPLC wird hauptsächlich dazu benutzt, eine Gegentakt-Störunterdrückung (NMR, Normal Mode Noise Rejection) bei der Referenzfrequenz des A/D-Wandlers (Befehl LFREQ) zu erzielen. Bei einem Wert von  $\geq 1$  für *Netzspannungszyklen* bietet der A/D-Wandler für Signale mit Netzfrequenz eine Gegentakt-Störunterdrückung von mindestens 60 dB. Bei einem Wert <1 findet keine Gegentakt-Störunterdrückung statt; in diesem Fall spezifiziert der Wert lediglich die Integrationszeit des A/D-Wandlers. Die Bereiche und Schrittweiten für den Parameter *Netzspannungszyklen* sind:

0 bis 1 PLC in Schritten von 0.000006 PLC für 60 Hz Referenzfrequenz (Befehl LFREQ)  
oder

0 bis 1 PLC in Schritten von 0.000005 PLC für 50 Hz Referenzfrequenz

1 bis 10 PLC in Schritten von 1 PLC

10 bis 1000 PLC in Schritten von 10 PLC

Einschaltzustand-Wert *Netzspannungszyklen* = 10

Standardwert *Netzspannungszyklen* = 0 (dadurch wird die Mindest-Integrationszeit von 500 ns gewählt)

Zwischen der Integrationszeit (in Anzahl von Netzspannungszyklen), der Referenzfrequenz des A/D-Wandlers (Befehl LFREQ) und der Auflösung besteht folgender Zusammenhang:

| Auflösung (Stellen) |                    | Netzspannungszyklen (Befehl NPLC)                           |                                     |                                     |
|---------------------|--------------------|---|-------------------------------------|-------------------------------------|
| DCV                 | DCI,<br>OHM(F)     | ACI, ACDCI,<br>ACV <sup>[a]</sup> ,<br>ACDCV <sup>[a]</sup> | Referenzfrequenz<br>(LFREQ) = 60 Hz | Referenzfrequenz<br>(LFREQ) = 50 Hz |
| 4.5                 | 4.5                | 4.5   | 0 - .000030                         | 0 - .000025                         |
| 5.5                 | 5.5                | 5.5   | .000036 - .000360                   | .000030 - .000300                   |
| 6.5                 | 6.5                | 6.5   | .000366 - .030000                   | .000305 - .025000                   |
| 7.5                 | 7.5 <sup>[b]</sup> | 6.5   | .030006 - 1                         | .025005 - 1                         |
| 8.5 <sup>[b]</sup>  | 7.5 <sup>[b]</sup> | 6.5   | 2 - 1000                            | 2 - 1000                            |

[a] Nur analoges Messverfahren (Befehl SETACV ANA).

[b] Für alle Bereiche außer 10 Ω OHM(F) und 100 mV DCV. Der Bereich 10 Ω OHM(F) bietet eine maximale Auflösung von 6.5 Stellen und der Bereich 100 mV DCV eine maximale Auflösung von 7.5 Stellen.

## Anmerkungen

- Die Auflösung der Messfunktionen ACV und ACDCV (nur Messverfahren SETACV ANA), ACT, ACDCI, DCI, DCV, OHM und OHMF wird durch die Integrationszeit der A/D-Wandlers bestimmt. Bei Frequenz- oder Periodenmessungen ist die Integrationszeit ohne Einfluss. Bei ACV- oder ACDCV-Sampling-Messungen (SETACV SYNC oder SETACV RNDM) wird die Integrationszeit automatisch gewählt; in diesem Fall wird die spezifizierte Auflösung durch Variieren der Anzahl der Messungen erreicht. Bei "Direct-Sampling"- oder "Sub-Sampling"-Messungen ist die Integrationszeit fest vorgegeben.
- Da sowohl NPLC als auch APER die Integrationszeit spezifizieren, wird der zuvor mit dem jeweils anderen Befehl spezifizierte außer Kraft gesetzt. Der Befehl RES oder der Parameter %\_Auflösung eines Messfunktionsbefehls oder des Befehls RANGE kann ebenfalls zum (indirekten) Spezifizieren der Integrationszeit verwendet werden. Wenn Sie die Auflösung auf folgende Weise spezifizieren, kommt es zu einer Interaktion zwischen NPLC und APER:
- Wenn sie den Befehl NPLC (oder APER) vor dem Spezifizieren der Auflösung senden, führt das Multimeter den Befehl aus, der die jeweils höhere Auflösung (längere Integrationszeit) spezifiziert.

- Wenn Sie den Befehl NPLC (oder APER) nach dem Spezifizieren der Auflösung senden, verwendet das Multimeter die mit dem Befehl NPLC (bzw. APER) spezifizierte Integrationszeit; falls zuvor eine Auflösung spezifiziert wurde, wird diese ignoriert.
- Die erste der beiden obigen Methode ist die gängigere: zuerst wird mit dem Befehl NPLC für Gegentakt-Störunterdrückung gesorgt, dann wird mit einem Messfunktionsbefehl oder dem Befehl RANGE die %\_Auflösung spezifiziert. Diese Methode gewährleistet sowohl Gegentakt-Störunterdrückung als auch die erforderliche (oder eine höhere) Auflösung.
- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl NPLC? liefert die zuletzt spezifizierte A/D-Wandler-Integrationszeit (in der Einheit "Anzahl von Netzspannungszyklen") zurück. Da die Integrationszeit sowohl mit einem der Befehle APER, NPLC oder RES spezifiziert werden kann als auch mit dem Parameter %\_Auflösung eines Messfunktionsbefehls oder des Befehls RANGE, liefert der Abfragebefehl NPLC? unter Umständen eine andere Anzahl von Netzspannungszyklen zurück als zuletzt mit dem Befehl NPLC spezifiziert wurde.
- **Verwandte Befehle:** APER, FUNC, LFREQ, RES

## Beispiele

In dem folgenden Programm bewirkt Zeile 10, dass die minimale Integrationszeit gewählt wird und der Parameter %\_Auflösung in Zeile 20 die Auflösung bestimmt. Zeile 20 ergibt eine Auflösung von 100 µV.

```
10 OUTPUT 722;"NPLC 0"      !Minimale Integrationszeit
20 OUTPUT 722;"DCV 6,.00167"!Messfunktion DCV, max. 6 V, Auflösung 100 µV
30 END
```

In dem folgenden Programm spezifiziert Zeile 10 einen NPLC-Wert von 1000. Dadurch wird die maximal mögliche Auflösung gewählt; der Parameter %\_Auflösung in Zeile 20 wird in diesem Fall ignoriert. In Zeile 20 wird eine Auflösung von 10 mΩ spezifiziert. Wegen Zeile 10 beträgt die tatsächliche Auflösung jedoch 100 µΩ.

```
10 OUTPUT 722;"NPLC 1000"    !Maximale Integrationszeit
20 OUTPUT 722;"OHM 1E3,.001"  !2-Draht-Widerstandsmessung, max. Eingangs-
25                                !wert 1 kΩ
30 END
```

## NRDGS

**"Number of Readings"**. Dieser Befehl spezifiziert die Anzahl der Messungen pro Triggerereignis sowie das Abtastereignis, das die einzelnen Messungen auslöst.

### Syntax

NRDGS [*Anzahl*][,*Ereignis*]

#### Anzahl

Dieser Parameter spezifiziert die Anzahl der Messungen pro Triggerereignis. Der gültige Wertebereich beträgt 1 bis 16777215. (Der Parameter *Anzahl* entspricht auch dem Parameter "Record" des Befehls **RMEM**. Einzelheiten hierzu siehe Beschreibung des Befehls **RMEM**.)

Einschaltzustand-Wert *Anzahl* = 1.

Standardwert *Anzahl* = 1.

#### Ereignis

Dieser Parameter spezifiziert das Ereignis, das jeweils eine Messung auslöst (Abtastereignis). Für den Parameter *Ereignis* stehen folgende Werte zur Auswahl:

| <b>Ereignis</b>      | <b>Numer.<br/>Abfrage-<br/>Äquivalent</b> | <b>Beschreibung</b>   |
|----------------------|---|---|
| AUTO                 | 1   | Dieser Wert löst immer dann, wenn das Multimeter nicht beschäftigt ist, eine Messung aus.   |
| EXTSYN               | 2   | Dieses Ereignis tritt ein, wenn am "External Trigger"-Eingang des Multimeters eine negative Signalflanke anliegt.   |
| SYN                  | 5   | Dieses Ereignis tritt ein, wenn der Steuercomputer Daten anfordert, während der Ausgangspuffer des Multimeters leer und der Messwertspeicher deaktiviert oder leer ist. |
| TIMER <sup>[a]</sup> | 6   | Gleiche Wirkung wie AUTO, abgesehen davon, dass zwischen je zwei Messungen das mit dem Befehl TIMER spezifizierte Zeitintervall eingefügt wird.                         |

| Ereignis             | Numer.<br>Abfrage-<br>Äquivalent | Beschreibung  |
|----------------------|----------------------------------|---|
| LEVEL <sup>[b]</sup> | 7                                | Es wird immer dann eine Messung ausgelöst, wenn die mit dem Befehl SLOPE spezifizierte Flanke des Eingangssignals den mit dem Befehl LEVEL spezifizierten Pegel erreicht. |
| LINE <sup>[a]</sup>  | 8                                | Beim Nulldurchgang der Netzspannung wird eine Messung ausgelöst.  |

[a] Die Ereignisse TIMER und LINE sind nicht anwendbar auf folgende Messfunktionen: ACV oder AC+DCV (SETACV RNDM oder SYNC); Frequenz; Periode.

[b] Das Abtastereignis LEVEL ist nur auf DCV- und "Direct-Sampling"-Messungen anwendbar.

Einschaltzustand-Wert *Ereignis* = AUTO.  
Standardwert *Ereignis* = AUTO.

### Anmerkungen

- Da das TIMER-Ereignis ein Zeitintervall zwischen den Messungen spezifiziert, ist es nur anwendbar, wenn Anzahl größer als 1 ist. Die erste Messung erfolgt ohne vorangehendes TIMER-Intervall. Mit dem Befehl DELAY können Sie jedoch ein Zeitintervall vor der ersten Messung einfügen. (Das TIMER-Ereignis stoppt die automatische Bereichswahl.)

Die beiden Befehle NRDGS *n*,TIMER und TIMER *n* lassen sich durch den Befehl SWEEP ersetzen. Der Befehl SWEEP spezifiziert die Anzahl der Messungen und das Zeitintervall zwischen den Messungen. Diese Befehle sind untereinander austauschbar; das Multimeter verwendet die Werte, die mit dem zuletzt ausgeführten Befehl spezifiziert wurden. Bei Ausführung des Befehls SWEEP wird das Abtastereignis automatisch zu TIMER. Im Einschalt-, RESET und PRESET-Zustand verwendet das Multimeter den Befehl NRDGS.

- Wenn SYN für mehr als eines der Triggerfreigabe-, Trigger- oder Abtastereignisse verwendet wird, erfüllt bereits ein einziges SYN-Ereignis alle diese Ereignisbedingungen. Dies wird in dem zweiten Beispiel unten gezeigt.
- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl NRDGS? liefert zwei durch Kommas getrennte Werte zurück. Der erste Wert gibt die Anzahl der Messungen pro Triggerereignis an. Der zweite Wert gibt das aktuelle Abtastereignis an. Weitere Informationen hierzu siehe unter "**Abfragebefehle**" am Anfang dieses Kapitels.

- **Verwandte Befehle:** DELAY, LEVEL, RMEM, SLOPE, TARM, TIMER, TRIG, SWEEP

## Beispiele

### SYN-Ereignis

In dem folgenden Programm fordert der Steuercomputer in Zeile 70 Daten vom Multimeter an. Dadurch tritt das Triggerereignis SYN ein und initiiert eine Messfolge. Anschließend werden die Messwerte zum Steuercomputer übertragen und dort angezeigt. Dieser Vorgang wiederholt sich so oft, bis die drei Messwerte erfasst und ausgedruckt wurden.

```

10 OPTION BASE 1           !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 DIM A(3)                !Dimensionierung eines Arrays
30 OUTPUT 722;"DCV 8,.00125" !Messfunktion DCV, Bereich 10 V, Auflösung
35                           !100 µV
40 OUTPUT 722;"NRDGS 3, SYN" !3 Messungen pro Trigger, Abtastereignis SYN
50 OUTPUT 722;"TRIG AUTO"   !Triggerereignis AUTO
60 ENTER 722;A(*)          !Messwerte einlesen
70 PRINT A(*)               !
80 END

```

In dem folgenden Beispiel wird für das Triggerfreigabe-, das Trigger- und das Abtastereignis SYN spezifiziert. Es werden fünf Messung pro Triggerereignis spezifiziert. Ein einziges SYN-Ereignis (Zeile 60) löst gleichzeitig die Triggerfreigabe, die Triggerung und die erste Messung aus. Zum Aulösen der vier weiteren Messungen sind anschließend vier weitere SYN-Ereignisse (je eines pro Messung) erforderlich.

```

10 OPTION BASE 1           !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 DIM Rdgs(5)             !Array für Messwerte dimensionieren
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM" !SYN TRIGGER EVENT, DCV, NPLC 1, MEM OFF
40 OUTPUT 722;"TARM SYN"    !Triggerfreigabeereigis SYN
50 OUTPUT 722;"NRDGS 5, SYN" !5 Messungen pro Trigger, Abtastereignis SYN
60 ENTER 722;Rdgs(*)       !SYN-Ereignis, Messwerte einlesen
70 PRINT Rdgs(*)           !
80 END

```

### TIMER

Das folgende Programm bewirkt in Zeile 60 ein SYN-Triggerereignis, das vier Messungen auslöst. Die erste Messung erfolgt unmittelbar nach der vorprogrammierten Standardverzögerung; die drei übrigen Messungen sind um jeweils 200 ms gegenüber der vorigen Messung verzögert.

```

10 OPTION BASE 1          !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 DIM Rdgs(4)           !Array für Messwerte dimensionieren
30 OUTPUT 722;"PRESET NORM" !Triggerfreigabeereignis AUTO, Trigger-
35                           !ereignis SYN, Messfunktion DCV, automa-
36                           !tische Bereichswahl
40 OUTPUT 722;"TIMER 200E-3" !Timer-Intervall 200 ms
50 OUTPUT 722;"NRDGS 4,TIMER" !4 Messungen pro Trigger, timergesteuert
60 ENTER 722;Rdgs(*)      !Messungen triggern und
70 PRINT Rdgs(*)         !Messwerte einlesen
80 END

```

## OCOMP

**"Offset compensation".** Der Befehl OCOMP aktiviert oder deaktiviert die offset-kompensierte Widerstandsmessfunktion.

### Syntax

OCOMP [*Modus*]

#### *Modus*

Für den Parameter *Modus* stehen folgende Werte zur Auswahl:

| <i>Modus</i> | Numer.<br>Abfrage-<br>Äquivalent | Beschreibung                     |
|--------------|----------------------------------|----------------------------------|
| OFF          | 0                                | Offset-Kompensation deaktiviert. |
| ON           | 1                                | Offset-Kompensation aktiviert.   |

Einschaltzustand-Wert *Modus* = OFF.  
Standardwert *Modus* = ON.

## Anmerkungen

- Bei aktiver Offset-Kompensation misst das Multimeter vor jeder Widerstandsmessung die externe Offsetspannung (bei abgeschalteter Messstromquelle) und subtrahiert das Ergebnis dieser Referenzmessung von allen nachfolgenden Messwerten. Dadurch wird der von der Offsetspannung hervorgerufene Messfehler eliminiert, wobei sich allerdings die Messzeit verdoppelt.
- Die Offset-Kompensation ist sowohl für 2-Draht- als auch 4-Draht-Widerstandsmessungen verfügbar; Wenn Sie bei aktiver Offset-Kompensation von Widerstandsmessung auf eine andere Messfunktion (DCV, ACV usw.) umschalten, wird die Offset-Kompensation vorübergehend deaktiviert. Wenn Sie später wieder auf 2-Draht- oder 4-Draht-Widerstandsmessung zurückschalten, wird die Offset-Kompensation automatisch reaktiviert.
- Die Offset-Kompensation ist nur für die Bereiche  $10 \Omega$  bis  $100 k\Omega$  verfügbar. Wenn die Offset-Kompensation mit dem Befehl OCOMP für einen der Bereiche  $1 M\Omega$  bis  $1 G\Omega$  aktiviert wird, erfolgt die Messung ohne Offset-Kompensation.
- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl OCOMP? liefert den aktuellen Offset-Kompensations-Modus zurück. Weitere Informationen hierzu siehe unter "**Abfragebefehle**" am Anfang dieses Kapitels.
- **Verwandte Befehle:** OHM, OHMF

## Beispiel

`OUTPUT 722;"OCOMP ON" !Offset-Kompensation aktivieren`

## OFORMAT

**"Output Format".** Dieser Befehl spezifiziert das Ausgabeformat für Messwerte, die direkt oder aus dem Messwertspeicher über den GPIB zum Steuercomputer übertragen werden.

### Syntax

`OFORMAT [Format]`

*Format*

Für den Parameter *Format* stehen folgende Werte zur Auswahl:

| <b>Format</b> | <b>Numer.<br/>Abfrage-<br/>Äquivalent</b> | <b>Beschreibung</b>  |
|---------------|---|--|
| ASCII         | 1   | ASCII – 15 Bytes pro Messwert (siehe erste und zweite Anmerkung weiter unten). |
| SINT          | 2   | Single Integer – 16 Bit-Zweierkomplement-Darstellung (2 Bytes pro Messwert).   |
| DINT          | 3   | Double Integer – 32 Bit-Zweierkomplement-Darstellung (4 Bytes pro Messwert).   |
| SREAL         | 4   | Single Real – (IEEE-754) 32 Bits (4 Bytes pro Messwert).                       |
| DREAL         | 5   | Double Real – (IEEE-754) 64 Bits (8 Bytes pro Messwert).                       |

Einschaltzustand-Wert *Format* = ASCII.

Standardwert *Format* = ASCII.

### Anmerkungen

- Bei Datenübertragung im ASCII-Ausgabeformat wird nach jedem Messwert ein *cr lf* (Wagenrücklauf/Zeilenvorschub-Code) gesendet; die meisten Steuercomputer interpretieren dies als Übertragungsende. Bei Datenübertragung im SINT-, DINT-, SREAL oder DREAL-Ausgabeformat wird kein *cr lf* gesendet. Bei allen Formaten können Sie mit dem Befehl END erreichen, dass das Ende der Übertragung durch Aktivieren der GPIB-Busleitung EOI signalisiert wird. Weitere Informationen hierzu siehe Beschreibung des Befehls END.
- Beim ASCII-Format sind für die Wagenrücklauf/Zeilenvorschub-Codes (*cr, lf*) zwei zusätzliche Bytes erforderlich. Die *cr, lf* -Codes werden nur beim ASCII-Format benötigt und werden normalerweise vom Multimeter automatisch an jeden Messwert angefügt, der im ASCII-Format ausgegeben wird. Wenn jedoch mit dem Befehl RMEM mehrere Messwerte im ASCII-Format aus dem Messwertspeicher abgefragt werden, werden diese jeweils durch ein Komma (das 1 Byte in Anspruch nimmt) voneinander getrennt. In diesem Fall wird nur der letzte Messwert der abgerufenen Gruppe durch *cr, lf* abgeschlossen. Die Trennung durch Kommas entfällt, wenn Messwerte direkt auf den GPIB ausgegeben werden (wie es bei deaktiviertem Messwertspeicher der Fall ist), wenn Messwerte per "impliziertem Lesen" abgefragt werden oder wenn ein Nicht-ASCII-Format verwendet wird.

- Bei einer Messbereichsüberschreitung wird statt des tatsächlichen Messwertes die größte Zahl ausgegeben, die das spezifizierte Ausgabeformat unterstützt:

SINT-Format: +32767 oder -32768 (nicht-skaliert)

DINT-Format: +2.147483647E+9 oder -2.147483648E+9 (nicht-skaliert)

ASCII, SREAL, DREAL: +/-1.0E+38

- Falls der Messwertspeicher bei Ausführung des Befehls SSAC oder SSDC deaktiviert ist, wählt das Multimeter automatisch das Ausgabeformat SINT (unabhängig von dem zuvor spezifizierten Format). Für "Sub-Sampling"-Messungen, oder wenn die Messwerte direkt über den GPIB ausgegeben werden, müssen Sie das SINT-Ausgabeformat verwenden.
- Das Ausgabeformat betrifft nur die Messwertübertragung über den GPIB. Die GPIB-Übertragung von Antworten auf Abfragebefehle erfolgt stets im ASCII-Format – unabhängig davon, welches Ausgabeformat spezifiziert wurde. Nach Übertragung der Abfrageantwort wird wieder das spezifizierte Ausgabeformat verwendet. Das Ausgabeformat hat keinen Einfluss auf das mit dem Befehl MFORMAT spezifizierte Speicherformat.
- Bei Verwendung des SINT- oder DINT-Ausgabeformats werden die Messwerte skaliert. Der Skalierungsfaktor ist von der Messfunktion, dem Bereich, der A/D-Wandler-Konfiguration und (gegebenenfalls) den aktiven mathematischen Operationen abhängig. Deshalb muss das Multimeter beim Abrufen des Skalierungsfaktors (Befehl ISCALE?) genau so konfiguriert sein wie zum Zeitpunkt der Messungen.
- Das Ausgabe-/Speicherformat SINT oder DINT sollte nicht verwendet werden für Frequenz- oder Periodenmessungen, bei denen Echtzeit- oder Post-Processing-Math-Operationen (außer STAT oder PFAIL) angewandt werden oder bei denen die "Autorange"-Funktion aktiv ist.
- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl OFORMAT? liefert den aktuellen Ausgabeformat-Modus zurück. Weitere Informationen hierzu siehe unter "[Abfragebefehle](#)" am Anfang dieses Kapitels.
- **Verwandte Befehle:** END, ISCALE?, MFORMAT, QFORMAT

## Beispiele

### SINT-Format

Das folgende Programm bewirkt die Ausgabe von zehn Messwerten im SINT-Format, fragt den Skalierungsfaktor ab und multipliziert diesen jeweils mit dem Messwert.

```

10 OPTION BASE 1           !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 INTEGER Num_readings   !Variable deklarieren
30 INTEGER Int_rdgs (1:10) BUFFER !Integer-Array für Puffer deklarieren
40 REAL Rdgs(1:10)         !Real-Array deklarieren
50 Num_readings=10          !Anzahl der Messwerte = 10
60 ASSIGN @Dvm TO 722        !Multimeteradresse zuweisen
70 ASSIGN @Int_rdgs TO BUFFER Int_rdgs(*)!Puffer-I/O-Pfadname zuweisen
80 OUTPUT @Dvm;"PRESET NORM;OFORMAT SINT;NPLC 0;NRDGS ";Num_readings
81 !Triggerfreigabe AUTO, Triggerereignis SYN, Ausgabeformat SINT, minimale
85 !Integrationszeit
90 TRANSFER @Dvm TO @Int_rdgs;WAIT!SYN-Ereignis, Messwerte übertragen in
91 !Integer-Array; da das Integer-Format des Computers exakt dem
95 !SINT-Format entspricht, ist keine Datenkonvertierung notwendig (es ist
96 !ein Integer-Array erforderlich)
100 OUTPUT @Dvm;"ISCALE?"      !Skalierungsfaktor für SINT-Format
105                           !abfragen
110 ENTER @Dvm;S              !Skalierungsfaktor einlesen
120 FOR I=1 TO Num_readings
130 Rdgs(I)=Int_rdgs(I)       !Jeweils einen Integer-Messwert in das
135 !Real-Format umwandeln (ist zur Verhinderung eines etwaigen Integer-
136 !Überlaufs in der nächsten Zeile erforderlich)
140 R=ABS(Rdgs(I))           !Anhand des absoluten Wertes auf
145                           !Bereichsüberschreitung überprüfen
150 IF R>=32767 THEN PRINT "OVLD" !Falls Bereichsüberschreitung, Meldung
155                           !anzeigen
160 Rdgs(I)=Rdgs(I)*S        !Messwert mit Skalierungsfaktor multi-
165                           !plizieren
170 Rdgs(I)=DROUND(Rdgs(I),4) !Auf vier Stellen runden
180 NEXT I
190 END

```

## DINT-Format

Das folgende Programm ähnelt dem vorangegangenen, abgesehen davon, dass es 50 Messungen initiiert und die Messwerte im DINT-Format zum Steuercomputer überträgt.

```

10 OPTION BASE 1           !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 INTEGER Num_readings,I,J,K   !Variablen deklarieren
30 Num_readings=50          !Anzahl der Messwerte = 50
40 ALLOCATE REAL Rdgs(1:Num_readings)!Array für Messwerte deklarieren
50 ASSIGN @Dvm TO 722        !Multimeteradresse zuweisen
60 ASSIGN dBuffer TO BUFFER[4*Num_readings] !Puffer-I/O-Pfadname zuweisen
70 OUTPUT @Dvm;"PRESET NORM;RANGE 10;OFORMAT DINT;NRDGS ";Num_readings
71 !Triggerfreigabeereignis AUTO, Triggerereignis SYN, Messfunktion DCV,
75 !Bereich 10 V, Ausgabeformat DINT, 50 Messungen, AUTO
80 TRANSFER @Dvm TO @Buffer;WAIT !SYN-Ereignis, Messwerte übertragen
90 OUTPUT @Dvm; "ISCALE?"      !Skalierungsfaktor für DINT-Format
95                         !abfragen
100 ENTER @Dvm; S            !Skalierungsfaktor einlesen
110 FOR I=1 TO Num_readings
120 ENTER @Buffer USING "#,W,W";J,K!Je ein 16-Bit-Zweierkomplement-Wort in
121 !die Variablen J und K einlesen (# = Befehlsabschluss ist nicht
125 !erforderlich, W = Daten als 16-Bit-Zweierkomplement-Integer einlesen)
130 Rdgs(I)=(J*65536.+K+65536.)*(K<0))!Wert in Real-Format konvertieren
140 R=ABS(Rdgs(I))           !Anhand des absoluten Wertes auf
145                         !Bereichsüberschreitung überprüfen
150 IF R>2147483647 THEN PRINT "OVLD"!Falls Bereichsüberschreitung, Meldung
155                         !anzeigen
160 Rdgs(I)=Rdgs(I)*S       !Skalierungsfaktor anwenden
170 Rdgs(I)=DROUND(Rdgs(I),8) !Konvertierten Messwert runden
180 PRINT Rdgs(I)            !Messwerte ausdrucken
190 NEXT I
200 END

```

## SREAL-Format

Das folgende Programm demonstriert die Konvertierung von zehn Messwerten, die im SREAL-Format ausgegeben wurden.

```

10 OPTION BASE 1           !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 INTEGER Num_readings   !Variable deklarieren
30 Num_readings=10         !Anzahl der Messwerte = 10
40 ALLOCATE REAL Rdgs(1:Num_readings)!Array für Messwerte deklarieren
50 ASSIGN @Dvm TO 722       !Multimeteradresse zuweisen
60 ASSIGN @Buffer TO BUFFER [4*Num_readings]!Puffer-I/O-Pfadname zuweisen
70 OUTPUT @Dvm;"PRESET NORM;OFORMAT SREAL;NRDGS ";Num_readings
71 !Triggerereignis SYN, Ausgabeformat SREAL, 1 PLC, Messfunktion DCV,
75 !automatische Bereichswahl, 10 Messungen
80 TRANSFER @Dvm TO @Buffer;WAIT !SYN-Ereignis, Messwerte übertragen
90 FOR I=1 TO Num_readings
100 ENTER @Buffer USING "#,B";A,B,C,D!Je ein Byte (8 Bit) in jede Variable
101 !einlesen (# = Befehlsabschluss nicht erforderlich, B = ein Byte (8 Bit)
105 !einlesen und als Integer-Wert im Bereich von 0 bis 255 interpretieren)
110 S=1                   !Messwert aus SREAL-Format konvertieren
120 IF A>127 THEN S=-1    !Messwert aus SREAL-Format konvertieren
130 IF A>127 THEN A=A-128  !Messwert aus SREAL-Format konvertieren
140 A=A*2- 127             !Messwert aus SREAL-Format konvertieren
150 IF B>127 THEN A=A+1    !Messwert aus SREAL-Format konvertieren
160 IF B<=127 THEN B=B+128  !Messwert aus SREAL-Format konvertieren
170 Rdgs(I)=S*(B*65536.+C*256.+D)*2^(A-23)!Messwert aus SREAL-Format
175                         !konvertieren
180 Rdgs(I)=DROUND(Rdgs(I),7) !Auf sieben Stellen runden; dies ist bei
181 !SREAL erforderlich, damit alle 'Übersteuerungswerte' auf 1.E+38 gerun-
185 !det werden (ohne Runden könnte der Wert geringfügig kleiner sein)
190 IF ABS(Rdgs(I)=1.E+38 THEN  !Im Falle einer Bereichsüberschreitung:
200 PRINT "Overload Occurred"  !Bereichsüberschreitung anzeigen
210 ELSE                      !Falls keine Bereichsüberschreitung
215                           !vorliegt:
220 PRINT Rdgs(I)            !Messwert ausdrucken
230 END IF
240 NEXT I

```

250 END

## DREAL Format

Das folgende Programm verwendet das DREAL-Ausgabeformat. Beachten Sie, dass das DREAL-Format keine Konvertierung erfordert, weil es mit dem internen Datenformat (8 Byte/Wort) des Steuercomputers identisch ist.

```

10 OPTION BASE 1          !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 REAL Rdgs(1:10) BUFFER !Puffer-Array deklarieren
30 ASSIGN @Dvm TO 722      !Multimeteradresse zuweisen
40 ASSIGN @Rdgs TO BUFFER Rdgs(*) !Puffer-I/O-Pfadname zuweisen
50 OUTPUT @Dvm;"PRESET NORM;NPLC 10;OFORMAT DREAL;NRDGS 10"
51 !Triggerereignis SYN, 10 PLC, Messfunktion DCV, automatische Bereichswahl, Ausgabeformat DREAL, 10 Messungen pro Triggerereignis
55 !wahl, Ausgabeformat DREAL, 10 Messungen pro Triggerereignis
60 TRANSFER @Dvm TO @Rdgs;WAIT!SYN-Ereignis, Messwerte übertragen
70 FOR I=1 TO 10
80 IF ABS(Rdgs(I))=1.E+38 THEN !Im Falle einer Bereichsüberschreitung:
90 PRINT "OVERLOAD OCCURRED"   !Bereichsüberschreitung anzeigen
100 ELSE                      !Falls keine Übersteuerung vorliegt:
110 Rdgs(I)=DROUND(Rdgs(I),8) !Messwerte runden
120 PRINT Rdgs(I)            !Messwerte ausdrucken
130 END IF
140 NEXT I
150 END

```

Das vorige Programm verwendete zum Einlesen der Multimeter-Messwerte den Befehl TRANSFER. Das folgende Programm verwendet zum Einlesen der Messwerte im DREAL-Format den Befehl ENTER. Der Befehl ENTER ist einfacher anzuwenden, weil kein I/O-Pfad erforderlich ist; dafür ist er jedoch wesentlich langsamer als der Befehl TRANSFER. Wenn Sie den Befehl ENTER verwenden, müssen Sie außerdem den Steuercomputer mit dem Befehl FORMAT OFF anweisen, sein internes Datenformat (statt ASCII) zu verwenden.

```

10 OPTION BASE 1          !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 Num_readings=20         !Anzahl der Messwerte = 20
30 ALLOCATE REAL Rdgs(1:Num_readings)!Array für Messwerte deklarieren
40 ASSIGN @Dvm TO 722      !Multimeteradresse zuweisen
50 OUTPUT @Dvm;"PRESET NORM;OFORMAT DREAL;NPLC 10;NRDGS ",Num_readings
51 !Triggerereignis SYN, Messfunktion DCV, automatische Bereichswahl,

```

```

55 !Ausgabeformat DREAL, 10 PLC, 20 Messungen pro Triggerereignis
60 ASSIGN @Dvm;FORMAT OFF           !Datenformat '8 Byte/Wort' verwenden
70 FOR I=1 TO Num_readings
80 ENTER @Dvm;Rdgs(I)             !Nacheinander die Messwerte einlesen
90 IF ABS(Rdgs(I))=1.E+38 THEN    !Im Falle einer Bereichsüberschreitung:
100 PRINT "OVERLOAD OCCURRED"     !Bereichsüberschreitung anzeigen
110 ELSE                           !Falls keine Bereichsüberschreitung
115                                !vorliegt
120 Rdgs(I)=DROUND(Rdgs(I),8)     !Messwerte auf acht Stellen runden
130 PRINT Rdgs(I)                 !Messwerte ausdrucken
140 END IF
150 NEXT I
160 END

```

OHM, OHMF

Siehe Beschreibung des Befehls **FUNC**.

OPT?

**"Option"-Abfrage.** Dieser Abfragebefehl liefert Informationen über die im Multimeter installierten Optionen zurück. Es sind folgende Antworten möglich:

- 0 = Keine Optionen installiert.
- 1 = Messwertspeichererweiterung.

### Syntax

OPT?

### Anmerkungen

- **Verwandte Befehle:** QFORMAT

### Beispiel

```

10 OUTPUT 722;"OPT?"          !Installierte Optionen abfragen
20 ENTER 722;A$                !Antwort einlesen
30 PRINT A$                    !Antwort anzeigen

```

```
40 END
```

## PAUSE

Dieser Befehl unterbricht das in Ausführung befindliche Unterprogramm. Das Unterprogramm kann durch Senden des Befehls CONT oder des GPIB-Universalbefehls GET (Group Execute Trigger) fortgesetzt werden.

### Syntax

```
PAUSE
```

### Anmerkungen

- Der Befehl PAUSE ist nur innerhalb eines Unterprogramms erlaubt.
- Es kann immer nur jeweils ein Unterprogramm im unterbrochenen Zustand sein. Wenn ein Unterprogramm unterbrochen ist und ein anderes gestartet und dann ebenfalls unterbrochen wird, wird das erste Unterprogramm beendet, und das zweite bleibt unterbrochen.
- Bei deaktiviertem Eingangspuffer (Befehl INBUF OFF) ist der GPIB normalerweise bis zur vollständigen Ausführung eines aufgerufenen Unterprogramms blockiert. Wenn der Befehl PAUSE in einem Unterprogramm ausgeführt wird, wird der GPIB sofort freigegeben.
- Verschachtelte PAUSE-Befehle sind nicht erlaubt; wenn ein Unterprogramm von einem anderen Unterprogramm aufgerufen wird, so darf das aufgerufene Unterprogramm keinen PAUSE-Befehl enthalten.
- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl PAUSE? liefert die Information zurück, ob sich derzeit ein Unterprogramm im angehaltenen Zustand befindet oder nicht. Die möglichen Antworten sind YES (numerisches Äquivalent = 1) oder NO (numerisches Äquivalent = 0); YES bedeutet, dass ein Unterprogramm sich im angehaltenen Zustand befindet; NO bedeutet, dass kein Unterprogramm sich im angehaltenen Zustand befindet.
- **Verwandte Befehle:** CALL, COMPRESS, CONT, DELSUB, TRIGGER (GPIB-Universalbefehl), SCRATCH, SUB, SUBEND

### Beispiel

```
10 OUTPUT 722;"SUB OHMAC1" !Unterprogramm mit dem Namen OHMAC1 abspeichern
20 OUTPUT 722;"PRESET NORM"!Triggerung anhalten, Preset
```

```

30 OUTPUT 722;"MEM FIFO"      !Messwertspeicher aktivieren, FIFO-Modus
40 OUTPUT 722;"OHM"           !2-Draht-Widerstandsmessung
50 OUTPUT 722;"NRDGS 5"       !5 Messungen pro Trigger
60 OUTPUT 722;"TRIG SGL"     !Einzeltrigger erzeugen
70 OUTPUT 722;"PAUSE"         !Programmausführung anhalten
80 OUTPUT 722;"ACV"           !Messfunktion ACV wählen
90 OUTPUT 722;"NRDGS 10"      !10 Messungen pro Trigger
100 OUTPUT 722;"TRIG SGL"    !Einzeltrigger erzeugen
110 OUTPUT 722;"SUBEND"       !Ende des Unterprogramms
120 END

```

Wenn Sie das obige Unterprogramm aufrufen, wird es vom Multimeter Zeile für für Zeile ausgeführt. Die Zeilen 20 bis 60 bewirken, dass das Multimeter fünf 2-Draht-Widerstandsmessungen ausführt und deren Ergebnisse im Messwertspeicher ablegt. Bei Erreichen von Zeile 70 wird die Ausführung des Unterprogramms unterbrochen. Wenn das Multimeter anschließend den Befehl CONT oder den GPIB-Universalbefehl GET (Group Execute Trigger) empfängt, wird die Ausführung des Unterprogramms fortgesetzt. Die Zeilen 80 bis 100 bewirken, dass das Multimeter zehn ACV-Messungen ausführt und deren Ergebnisse im Messwertspeicher ablegt. Nach Ausführung des Unterprogramms befinden sich insgesamt 15 Messwerte im Messwertspeicher. Senden Sie zum Aufruf des obigen Unterprogramms den folgenden Befehl:

**OUTPUT 722;"CALL OHMAC1"**

Schließen Sie nach Abschluss der fünf 2-Draht-Widerstandsmessungen eine Wechselspannungsquelle an das Multimeter an. Senden Sie zum Fortsetzen des Unterprogramms den Befehl CONT oder (vom Steuercomputer aus):

**TRIGGER 7**

## PER

**"Period".** Dieser Befehl veranlasst das Multimeter dazu, die Periode des Eingangssignals zu messen. Zuvor müssen Sie mit dem Befehl FSOURCE den Eingangssignaltyp spezifizieren: Wechselspannung (Standardtyp), AC+DC-Spannung, Wechselstrom oder AC+DC-Strom.

### Syntax

PER [*max.\_Eingangswert*] [,%.Auflösung]

*max.\_Eingangswert*

Der Parameter *max.\_Eingangswert* spezifiziert einen festen Bereich oder aktiviert die "Autorange"-Funktion. Die verfügbaren Bereiche sind von dem mit dem Befehl FSOURCE spezifizierten Eingangssignaltyp abhängig. Wenn beispielsweise der Eingangssignaltyp ACV spezifiziert wurde, spezifiziert der Parameter *max.\_Eingangswert* einen Wechselspannungsbereich. Zur Vorgabe eines festen Bereichs müssen Sie für *max.\_Eingangswert* den Absolutbetrag (negative Zahlen sind nicht erlaubt) des erwarteten Spitzenwertes des Eingangssignals spezifizieren. Das Multimeter wählt anhand dieses Wertes den passenden Bereich. Unter den Beschreibungen der Befehle **FUNC** und **RANGE** finden Sie eine Auflistung der für die verschiedenen Eingangssignaltypen verfügbaren Bereiche.

Sie können die "Autorange"-Funktion aktivieren, indem Sie für den Parameter *max.\_Eingangswert* AUTO spezifizieren oder den Standardwert wählen. Bei aktiver "Autorange"-Funktion tastet das Multimeter das Eingangssignal vor jeder Periodenmessung ab und wählt den passenden Bereich.

Einschaltzustand-Wert *max.\_Eingangswert* = (nicht verfügbar).

Standardwert *max.\_Eingangswert* = AUTO.

%.Auflösung

Der Parameter %.Auflösung spezifiziert die Anzahl der gemessenen Dezimalstellen und (mittelbar) die Torzeit (siehe nachfolgende Tabelle). (%.Auflösung beeinflusst außerdem die Messrate; siehe hierzu die „[Anhang A: Spezifikationen](#)“ auf Seite 459).

| %.Auflösung Parameter | Torzeit | Auflösung (Stellen) |
|-----------------------|---------|---------------------|
| .00001                | 1 s     | 7                   |
| .0001                 | 100 ms  | 7                   |

| <b>%_Auflösung Parameter</b> | <b>Torzeit</b> | <b>Auflösung (Stellen)</b> |
|------------------------------|----------------|----------------------------|
| .001                         | 10 ms          | 6                          |
| .01                          | 1 ms           | 5                          |
| .1                           | 100 µs         | 4                          |

Einschaltzustand-Wert %\_Auflösung = (nicht verfügbar).

Standardwert %\_Auflösung = 0.00001

### Anmerkungen

- Die Messrate entspricht dem jeweils größten der folgenden Werte:  
1 Eingangssignalperiode, Torzeit oder Standard-Timeout (1.2 s).
- Perioden- (und Frequenz-) Messungen erfolgen unter Verwendung der internen Pegeldetektorschaltung. Diese bestimmt, wann die positive oder negative Eingangssignalflanke einen bestimmten Spannungswert erreicht. (Daher ist bei Perioden- oder Frequenzmessungen LEVEL als Trigger- oder Abtastereignis unzulässig und LINE als Triggerereignis unzulässig.) Die Einschaltzustand- und Standardwerte für Pegeltriggerung sind: Triggerpegel 0%, positive Flanke. Mit dem Befehl LEVEL können Sie den Triggerpegel und die Triggerkopplung wählen. Mit dem Befehl SLOPE können Sie zwischen positiver und negativer Triggerflanke wählen.
- Die erste Stelle ist für die meisten Messfunktionen eine halbe Stelle, für Periodenmessungen jedoch eine volle Stelle (0-9).
- Wenn die automatische Bereichswahl aktiv ist, dauern die Messungen länger, weil das Eingangssignal vor jeder Messung abgetastet wird, um den passenden Bereich zu bestimmen.
- Der Zustand "Bereichsüberschreitung" bedeutet bei Perioden- (und Frequenz-) Messungen, dass die Eingangsspannung oder der Eingangsstrom zu hoch für den spezifizierten Messbereich ist. Er bedeutet nicht, dass die Periode (oder Frequenz) des Eingangssignals außerhalb des Messbereichs liegt.
- **Verwandte Befehle:** ACBAND, FREQ, FSOURCE, FUNC, RES

## Beispiel

```
10 OUTPUT 722;"FSOURCE ACI"      !Eingangssignaltyp Wechselstrom
20 OUTPUT 722;"PER .01"          !Periodenmessung, Bereich 10 mA
30 END
```

## PRESET

Dieser Befehl bringt das Multimeter in eine von drei vordefinierten Grundeinstellungen.

### Syntax

PRESET [*Typ*]

*Typ*

Mit diesem Parameter können Sie zwischen den Preset-Zuständen NORM, FAST und DIG wählen (die numerischen Äquivalente dieser Werte sind 1, 0 bzw. 2).

Einschaltzustand-Wert *Type* = (nicht verfügbar).

Standardwert *Typ* = NORM.

NORM

PRESET NORM hat eine ähnliche Funktion wie RESET, optimiert die Multimeter-Konfiguration jedoch für den Fernsteuerungsbetrieb. Der Befehl PRESET NORM beinhaltet die folgenden Befehle:

```
ACBAND 20,2E+6MEM OFF (letzte Speicheroperation auf FIFO gesetzt)
AZERO ONMFORMAT SREAL
BEEP ONMMATH OFF
DCV AUTONDIG 6
DELAY -1NPLC 1
DISP ONNRDGS 1,AUTO
FIXEDZ OFF OCOMP OFF
FSOURCE ACVOFORMAT ASCII
INBUF OFFTARM AUTO
LOCK OFFTIMER 1
MATH OFFTRIG SYN
Alle Math-Register auf 0 gesetzt außer:
DEGREE = 20
```

```
PERC = 1
REF = 1
RES = 50
SCALE = 1
```

### FAST

Der Befehl PRESET FAST konfiguriert das Multimeter für schnelle Messungen, schnelle Messwertübertragung zum Messwertspeicher und schnelle Messwertübertragung vom Messwertspeicher zum GPIB. Weitere Informationen über diesen sogenannten "High-Speed"-Modus siehe unter "[Erhöhen der Messrate](#)" in [Kapitel 4](#). Der Befehl PRESET FAST beinhaltet die unter PRESET NORM aufgeführten Befehle, mit folgenden Ausnahmen:

```
DCV 10
AZERO OFF
DISP OFF
MFORMAT DINT
OFORMAT DINT
TARM SYN
TRIG AUTO
```

### DIG

Der Befehl PRESET DIG konfiguriert das Multimeter für DCV-Digitalisierung (Einzelheiten zur DCV-Digitalisierung siehe [Kapitel 5](#)). Der Befehl PRESET DIG beinhaltet die unter PRESET NORM aufgeführten Befehle, mit folgenden Ausnahmen:

```
DCV 10
AZERO OFF
DELAY 0
DISP OFF
TARM HOLD
TRIG LEVEL
LEVEL 0,AC
NRDGS 256,TIMER
TIMER 20E-6
APER 3E-6
MFORMAT SINT
OFORMAT SINT
```

### Anmerkungen

- **Verwandte Befehle:** RESET

### Beispiele

|                          |  |
|--------------------------|--|
| OUTPUT 722;"PRESET NORM" | !Grundeinstellung für Fernsteuerungsbetrieb                              |
| OUTPUT 722;"PRESET FAST" | !Konfiguration für schnelle Messungen /<br>!schnelle Messwertübertragung |
| OUTPUT 722;"PRESET DIG"  | !Konfiguration für schnelle DCV-Digitalisierung                          |

## PURGE

**"Purge State".** Dieser Befehl entfernt den spezifizierten gespeicherten Zustand aus dem Speicher.

### Syntax

PURGE *Name*

*Name*

Zustandsname. Ein Zustandsname kann bis zu zehn Zeichen enthalten. Der Name kann aus Buchstaben oder aus Buchstaben und Ziffern bestehen, oder eine ganze Zahl im Bereich von 0 bis 127 sein. Einzelheiten siehe Beschreibung des Befehls **SSTATE**.

Einschaltzustand-Wert *Name* = (nicht verfügbar).

Standardwert *Name* = (nicht verfügbar); explizite Wertangabe erforderlich.

### Anmerkungen

- Mit dem Befehl SCRATCH können Sie sämtliche gespeicherten Zustände gleichzeitig löschen.
- **Verwandte Befehle:** DELSUB, SCRATCH,

### Beispiel

OUTPUT 722; "PURGE A2"      !Gespeicherten Zustand A2 entfernen

## QFORMAT

**"Query Format"**. Dieser Befehl spezifiziert das Format für Antworten auf Abfragebefehle: numerisch oder (sofern möglich) alphabetisch. Außerdem spezifiziert dieser Befehl, ob das Multimeter den jeweiligen Befehls-Header mit zurücksendet oder nicht.

### Syntax

QFORMAT [*Typ*]

*Format*

Für den Parameter *Typ* stehen folgende Werte zur Auswahl:

| <i>Typ</i> | Numer.<br>Abfrage-<br>Äquivalent | Beschreibung  |
|------------|----------------------------------|---|
| NUM        | 0                                | Abfrageantworten werden (sofern möglich) nur im numerischen Format zum GPIB oder Display gesendet.  |
| NORM       | 1                                | Zum GPIB werden Abfrageantworten (sofern möglich) im numerischen Format gesendet; zum Display werden sie (sofern möglich) im alphabetischen Format (alphabetische Header und alphabetische Parameter) gesendet. |
| ALPHA      |                                  | Abfrageantworten werden (sofern möglich) im alphabetischen Format (alphabetischer Header und alphabetische Parameter) zum GPIB oder Display gesendet.   |

Einschaltzustand-Wert *Typ* = NORM.

Standardwert *Typ* = NORM.

- Die *numerischen Äquivalente* für alphabetische Parameter sind jeweils in den Befehlsbeschreibungen aufgelistet. Einige Abfragebefehle wie z. B. DEFKEY? liefern stets eine alphabetische Antwort, unabhängig davon, welches QFORMAT spezifiziert wurde. Umgekehrt liefern einige Abfragebefehle wie z. B. NDIG? stets eine numerische Antwort.
- Wenn ein Abfragebefehl über die Frontplatte eingegeben wird, wird die Antwort nur zum Display gesendet. Wenn ein Abfragebefehl vom Steuercomputer gesendet wird, wird die Antwort nur zum Ausgangspuffer des

Multimeters gesendet. Abfrageantworten werden stets im ASCII-Format gesendet; anschließend wird wieder das zuletzt spezifizierte Ausgabeformat (ASCII, SINT usw.) verwendet.

- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl QFORMAT? liefert das aktuelle Antwortformat zurück. Weitere Informationen hierzu siehe unter "[Abfragebefehle](#)" am Anfang dieses Kapitels.
- **Verwandte Befehle:** Alle Abfragebefehle, OFORMAT

### Beispiele

NORM

```
10 OUTPUT 722;"QFORMAT NORM"  
20 OUTPUT 722;"ARANGE?"  
30 ENTER 722;A  
40 PRINT A  
50 END
```

Typische Antwort: 1

NUM

```
10 OUTPUT 722;"QFORMAT NUM"  
20 OUTPUT 722;"ARANGE?"  
30 ENTER 722;A  
40 PRINT A  
50 END
```

Typische Antwort: 1

ALPHA

```
10 OUTPUT 722; "QFORMAT ALPHA"  
20 OUTPUT 722; "ARANGE?"  
30 ENTER 722;A$  
40 PRINT A$  
50 END
```

Typische Antwort: ARANGE ON

## R

R ist eine Abkürzung für den Befehl RANGE.

### Syntax

R [*max\_Eingangswert*][, %\_Auflösung]

Weitere Informationen hierzu siehe Beschreibung des Befehls [RANGE](#).

## RANGE

Mit dem Befehl RANGE können Sie entweder einen Messbereich wählen oder die "Autorange"-Funktion aktivieren.

### Syntax

RANGE [*max\_Eingangswert*] [, %-Auflösung]

*max\_Eingangswert*

Der Parameter *max\_Eingangswert* spezifiziert einen festen Bereich oder aktiviert die "Autorange"-Funktion. Zur Vorgabe eines festen Bereichs müssen Sie für *max\_Eingangswert* den Absolutbetrag (negative Zahlen sind nicht erlaubt) des erwarteten Spitzenwertes des Eingangssignals spezifizieren. Das Multimeter wählt anhand dieses Wertes den passenden Bereich. Sie können die "Autorange"-Funktion aktivieren, indem Sie für den Parameter *max\_Eingangswert* AUTO spezifizieren oder den Standardwert wählen. Bei aktiver "Autorange"-Funktion tastet das Multimeter das Eingangssignal vor jeder Messung ab und wählt den passenden Bereich.

- Die zulässigen Werte für *max\_Eingangswert* und die dadurch spezifizierten Bereiche sind aus der nachfolgenden Tabelle ersichtlich.

Für DCV:

| <b>max._Eingangswert</b> | <b>Entsprechender Bereich</b> | <b>Bereich sendwert</b> |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| -1 oder AUTO             | Autorange                     |                         |
| 0 bis .12                | 100 mV                        | 120 mV                  |
| >.12 bis 1.2             | 1 V                           | 1.2V                    |
| >1.2 bis 12              | 10 V                          | 12 V                    |
| >12 bis 120              | 100 V                         | 120 V                   |
| >120 bis 1E3             | 1000 V                        | 1050 V                  |

Für OHM oder OHMF:

| <b>max._Eingangswert</b> | <b>Entsprechender Bereich</b> | <b>Bereich sendwert</b> |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| -1 oder AUTO             | Autorange                     |                         |
| 0 bis 12                 | 10Ω                           | 12Ω                     |
| >12 bis 120              | 100Ω                          | 120kΩ                   |
| >120 bis 1.2E3           | 1kΩ                           | 1.2kΩ                   |
| >1.2E3 bis 1.2E4         | 10kΩ                          | 12kΩ                    |
| >1.2E4 bis 1.2E5         | 100kΩ                         | 120kΩ                   |
| >1.2E5 bis 1.2E6         | 1MΩ                           | 1.20MΩ                  |
| >1.2E6 bis 1.2E7         | 10MΩ                          | 12MΩ                    |
| >1.2E7 bis 1.2E8         | 100MΩ                         | 120MΩ                   |
| >1.2E8 bis 1.2E9         | 1GΩ                           | 1.2GΩ                   |

Für ACV oder ACDCV:

| <b>max._Eingangswert</b> | <b>Entsprechender Bereich</b> | <b>Bereich sendwert</b> |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| -1 oder AUTO             | Autorange                     |                         |
| 0 bis .012               | 10 mV                         | 12mV                    |
| >.012 bis .12            | 100 mV                        | 120 mV                  |
| >.12 bis 1.2             | 1V                            | 1.2V                    |
| >1.2 bis 12              | 10 V                          | 12V                     |
| >12 bis 120              | 100 V                         | 120 V                   |
| >120 bis 1E3             | 1000 V                        | 1050 V                  |

Für DCI:

| <b>max._Eingangswert</b> | <b>Entsprechender Bereich</b> | <b>Bereich sendwert</b> |
|--------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| -1 oder AUTO             | Autorange                     |                         |
| 0 bis .12E-6             | .1 μA                         | .12 μA                  |
| >.12E-6 bis 1.2E-6       | 1 μA                          | 1.2 μA                  |
| >1.2E-6 bis 12E-6        | 10 μA                         | 12 μA                   |
| >12E-6 bis 120E-6        | 100 μA                        | 120 μA                  |
| >120E-6 bis 1.2E-3       | 1 mA                          | 1.2 mA                  |
| >1.2E-3 bis 12E-3        | 10 mA                         | 12 mA                   |
| >12E-3 bis 120E-3        | 100 mA                        | 120 mA                  |
| >120E-3 bis 1.2          | 1 A                           | 1.05 A                  |

Für ACI oder ACDCI:

| <i>max._Eingangswert</i> | Entsprechender Bereich | Bereich sendwert |
|--------------------------|------------------------|------------------|
| -1 oder AUTO             | Autorange              |                  |
| 0 bis .120E-6            | 100 µA                 | 120 µA           |
| >120E-6 bis 1.2E-3       | 1mA                    | 1.2mA            |
| >1.2E-3 bis 12E-3        | 10 mA                  | 12mA             |
| >12E-3 bis 120E-3        | 100 mA                 | 120 mA           |
| >120E-3 bis 1.2          | 1A                     | 1.05A            |

Für SSAC oder SSDC:

| <i>max._Eingangswert</i> | Entsprechender Bereich | Bereich sendwert |
|--------------------------|------------------------|------------------|
| 0 bis .012               |                        | 10 mV            |
| >.012 bis .120           |                        | 100 mV           |
| >.120 bis 1.2            |                        | 1V               |
| >1.2 bis 12              |                        | 10 V             |
| >12 bis 120              |                        | 100 V            |
| >120 bis 1E3             |                        | 1000 V           |

Für DSAC oder DSDC:

| <i>max._Eingangswert</i> | Entsprechender Bereich | Bereichsendwert |             |
|--------------------------|------------------------|-----------------|-------------|
|                          |                        | SINT format     | DINT format |
| 0 bis .012               | 10 mV                  | 12mV            | 50 mV       |
| >.012 bis .120           | 100 mV                 | 120 mV          | 500 mV      |
| >.120 bis 1.2            | 1V                     | 1.2V            | 5.0 V       |
| >1.2 bis 12              | 10 V                   | 12V             | 50 V        |
| >12 bis 120              | 100 V                  | 120 V           | 500 V       |
| >120 bis 1E3             | 1000 V                 | 1050 V          | 1050 V      |

Einschaltzustand-Wert *max.\_Eingangswert* = AUTO.Standardwert *max.\_Eingangswert* = AUTO.

### %\_Auflösung

Bei allen Messfunktionen außer den Digitalisierungsfunktionen (DSAC, DSDC, SSAC und SSDC) spezifiziert der Parameter *%\_Auflösung* die Messwertauflösung. (Das Multimeter ignoriert den Parameter *%\_Auflösung*, wenn dieser in einem Digitalisierungsbefehl enthalten ist.) Für Frequenz- oder Periodenmessungen spezifiziert *%\_Auflösung* die Anzahl der aufzulösenden Stellen. Für die übrigen Messfunktionen (DCV, ACV, ACDCV, OHM, OHMF, DCI und ACI) wird die *%\_Auflösung* als Prozentsatz des Parameters *max.\_Eingangswert* spezifiziert. Zur Bestimmung der Messwertauflösung multipliziert das Multimeter die spezifizierte *%\_Auflösung* mit dem *max.\_Eingangswert*.

Beispiel: Angenommen, die maximal zu erwartende Eingangsspannung beträgt 10 V, und Sie benötigen eine Auflösung von 1 mV. Dann können Sie die `%_Auflösung` nach folgender Gleichung berechnen:

$$\%_{\text{Auflösung}} = (\text{tatsächliche Auflösung}/\text{maximaler Eingangswert}) \times 100$$

Wenn man die obigen Werte in diese Gleichung einsetzt, erhält man:

$$\%_{\text{Auflösung}} = (0.001/10) \times 100 = 0.0001 \times 100 = 0.01$$

### HINWEIS

Bei aktiver "Autorange"-Funktion multipliziert das Multimeter den Parameter `%_Auflösung` mit dem Endwert des gewählten Bereichs. Das Ergebnis ist die minimale Auflösung. Diese minimale Auflösung ist auf jeden Fall gewährleistet; in vielen Fällen ergibt sich eine höhere Auflösung.

Einschaltzustand-Wert `%_Auflösung` = (nicht verfügbar). Im Einschalt-Zustand des Multimeters wird die Auflösung durch den Befehl NPLC bestimmt; dieser ergibt eine Auflösung von 8½ Stellen. (Der Einschaltzustand-Wert für NDIG maskiert die letzte Dezimalstelle des Messwerts, sodass nur 7½ Stellen angezeigt werden. Mit dem Befehl NDIG 8 können Sie erreichen, dass alle 8½ Stellen angezeigt werden; siehe Beschreibung des Befehls NDIG.)

Standardwert `%_Auflösung`:

Bei Frequenz- oder Periodenmessungen beträgt der Standardwert für `%_Auflösung` .00001; daraus resultiert eine Torzeit von 1 s und eine Auflösung von 7 Stellen.

Bei ACV- oder ACDCV-"Sampling"-Messungen beträgt der Standardwert für `%_Auflösung` 0.01% für SETACV SYNC bzw. 0.4% für SETACV RNDM.

Bei allen anderen Messfunktionen wird der Standardwert für die Auflösung durch die jeweilige Integrationszeit bestimmt.

### Anmerkungen

- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl RANGE? liefert den aktuellen Messbereich zurück. (Der Befehl RANGE? liefert keine Information über den Zustand der "Autorange"-Funktion; diesen können Sie mit dem Befehl ARANGE? abfragen). Weitere Informationen hierzu siehe unter "**Abfragebefehle**" am Anfang dieses Kapitels.
- **Verwandte Befehle:** ARANGE, FUNC, R

## Beispiele

In dem folgenden Programm bewirkt Zeile 10, dass die %\_Auflösung durch den Befehl FUNC in Zeile 30 bestimmt wird. In Zeile 30 wird eine Auflösung von 10 mΩ spezifiziert.

```
10 OUTPUT 722;"NPLC 0"           !Minimale Integrationszeit
20 OUTPUT 722;"OHM"              !2-Draht-Widerstandsmessung
30 OUTPUT 722;"RANGE 800,.00125" !Max. 800 Ω□, 10 mΩ
40 END                          !Auflösung
```

## RATIO

Der Befehl RATIO veranlasst das Multimeter dazu, eine an den Ω Sense-Anschlüssen anliegende Referenz-Gleichspannung und eine an den Input-Anschlüssen anliegende Signalspannung zu messen. Anschließend wird das Verhältnis der beiden Spannungen nach folgender Gleichung berechnet:

$$\text{Verhältnis} = \frac{\text{Signalspannung}}{\text{DC-Referenzspannung}}$$

## Syntax

RATIO [Modus]

Modus

| Modus | Numer.<br>Abfrage-<br>Äquivalent | Beschreibung   |
|-------|----------------------------------|--|
| OFF   | 0                                | Verhältnismessung deaktiviert.   |
| ON    | 1                                | Verhältnismessung unter Verwendung der aktuellen Messfunktion (DCV, ACV oder ACDCV). |

Einschaltzustand-Wert Modus = OFF.  
Standardwert Modus = ON.

## Anmerkungen

- Die Anschlüsse **Ω Sense LO** und **Input LO** müssen ein gemeinsames Bezugspotential haben; die Spannungsdifferenz zwischen diesen Anschlüssen muss >0,25 V sein.
- Die Signalspannung kann mit den Messfunktionen DCV, ACV oder ACDCV gemessen werden. (ACV- oder ACDCV-Messungen können wahlweise nach dem ANA-, RNDM- oder SYNC-Verfahren erfolgen.) Für die Referenzspannungsmessung verwendet das Multimeter stets die Messfunktion DCV. Die Referenzspannung muss im Bereich ±12 VDC liegen; die Messung erfolgt stets mit automatischer Bereichswahl. Zum Spezifizieren von Verhältnismessungen wählen Sie zunächst die Messfunktion für die Signalmessung (und im Falle ACV oder ACDCV zusätzlich das Messverfahren). Anschließend aktivieren Sie die Verhältnismessung mit dem Befehl RATIO (siehe nachfolgendes Beispiel).
- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl RATIO? liefert den aktuellen RATIO-Modus zurück. Weitere Informationen hierzu siehe unter "**Abfragebefehle**" am Anfang dieses Kapitels.
- **Verwandte Befehle:** ACDCV, ACV, DCV, SETACV

## Beispiel

```

10 OUTPUT 722;"PRESET NORM"      !Messungen anhalten, NRDGS=1
20 OUTPUT 722;"ACV"              !Messfunktion ACV
30 OUTPUT 722;"SETACV SYNC"     !Synchrones ACV-Messverfahren
40 OUTPUT 722;"RATIO ON"        !Verhältnismessungen aktivieren
50 OUTPUT 722;"TRIG SGL"        !Messungen triggern
60 ENTER 722;A                 !Verhältnis einlesen
70 PRINT A                      !Verhältnis anzeigen
80 END

```

## RES

**"Resolution".** Dieser Befehl spezifiziert die Messwertauflösung.

### Syntax

RES [%\_Auflösung]

%\_Auflösung

Bei Frequenz- oder Periodenmessungen spezifiziert %\_Auflösung die Anzahl der Stellen und die Torzeit; siehe nachfolgende Tabelle. (%\_Auflösung beeinflusst auch die Messrate. Weitere Informationen hierzu siehe Spezifikationen in Anhang A.) Wenn Sie bei Frequenz- oder Periodenmessungen für den Parameter %\_Auflösung den Standardwert vorgeben, verwendet das Multimeter den Wert 0.00001.

| %_Auflösung | Torzeit | Auflösung (Stellen) |
|-------------|---------|---------------------|
| .00001      | 1 s     | 7                   |
| .0001       | 100 ms  | 7                   |
| .001        | 10 ms   | 6                   |
| .01         | 1 ms    | 5                   |
| .1          | 100 µs  | 4                   |

Bei ACV- oder ACDCV-Messungen nach dem "Random-Sampling"-Verfahren (SETACV RNDM) arbeitet das Multimeter mit einer unveränderlichen Auflösung von 4,5 Stellen. Bei Messungen nach dem "Synchronous-Sampling"-Verfahren (SETACV SYNC) besteht zwischen dem Parameter %\_Auflösung und der Anzahl der Stellen folgender Zusammenhang: 0.001 = 7,5 Stellen; 0.01 = 6,5 Stellen; 0.1 = 5,5 Stellen; 1 = 4.5 Stellen.

Für alle übrigen Messfunktionen (außer DSAC, DSDC, SSAC und SSDC) gilt: %\_Auflösung wird für diese Funktionen ignoriert; zur Bestimmung der Auflösung multipliziert das Multimeter den Wert %\_Auflösung mit dem aktuellen Messbereich (1 V, 10 V, 100 V usw.) Die %\_Auflösung lässt sich nach folgender Gleichung berechnen:

$$\%_{\text{Auflösung}} = (\text{tatsächliche Auflösung/Bereich}) \times 100$$

Beispiel: Angenommen, Sie möchten eine Gleichspannungsmessung im Bereich 10 V durchführen und benötigen eine Auflösung von 100 µV. Die obige Gleichung ergibt:

$$\%_{\text{Auflösung}} = (0.0001 / 10) \times 100 = 0.001$$

Einschaltzustand-Wert  $\%_{\text{Auflösung}}$  = (nicht verfügbar). Im Einschalt-Zustand des Multimeters wird die Auflösung durch den Befehl NPLC bestimmt; dieser ergibt eine Auflösung von 8½ Stellen. (Der Einschaltzustand-Wert für NDIG maskiert die letzte Dezimalstelle des Messwerts, sodass nur 7½ Stellen angezeigt werden. Mit dem Befehl NDIG 8 können Sie erzwingen, dass alle 8½ Stellen angezeigt werden.)

Standardwert  $\%_{\text{Auflösung}}$ :

Bei Frequenz- oder Periodenmessungen beträgt der Standardwert für  $\%_{\text{Auflösung}}$  0.00001; daraus resultiert eine Torzeit von 1 s und eine Auflösung von 7 Stellen.

Bei ACV- oder ACDCV-"Sampling"-Messungen beträgt der Standardwert für  $\%_{\text{Auflösung}}$  0.01% für SETACV SYNC bzw. 0.4% für SETACV RNDM.

Bei allen anderen Messfunktionen wird der Standardwert für diesen Parameter durch die jeweilige Integrationszeit bestimmt.

### Anmerkungen

- Bei analogen Messungen wirkt der Parameter des Befehls RES  $\%_{\text{Auflösung}}$  etwas anders als der Parameter  $\%_{\text{Auflösung}}$  eines Messfunktionsbefehls (FUNC, ACV, DCV usw.) oder des Befehls RANGE. Wenn  $\%_{\text{Auflösung}}$  als Parameter des Befehls RES verwendet wird, wird die tatsächliche Auflösung bestimmt, indem dieser Wert mit dem Bereich multipliziert wird. Wenn  $\%_{\text{Auflösung}}$  als Parameter eines Messfunktionsbefehls oder des Befehls RANGE verwendet wird, wird dieser Wert mit dem Parameter *max.\_Eingangswert* des betreffenden Befehls multipliziert. Der Parameter *max.\_Eingangswert* kann, muss aber nicht den Wert eines Messbereichs haben.
- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl RES? liefert den spezifizierten Wert für  $\%_{\text{Auflösung}}$  zurück. Weitere Informationen hierzu siehe unter "["Abfragebefehle"](#)" am Anfang dieses Kapitels.
- **Verwandte Befehle:** ACDCI, ACDCV, ACI, ACV, APER, DCI, DCV, FREQ, FUNC, NPLC, OHM, OHMF, PER, RANGE

## Beispiele

In dem folgenden Programm bewirkt Zeile 10, dass die %\_Auflösung durch den Befehl FUNC in Zeile 30 bestimmt wird.

```
10 OUTPUT 722;"NPLC 0"      !Minimale Integrationszeit
20 OUTPUT 722;"DCV 6, "     !Messfunktion DCV, Bereich 10 V
30 OUTPUT 722;"RES .001"    !100 µV Auflösung im Bereich 10 V
40 END
```

In dem folgenden Programm spezifiziert Zeile 10 einen NPLC-Wert von 1000. Dadurch wird die maximal mögliche Auflösung (7.5 Stellen) gewählt; der Befehl RES in Zeile 30 wird in diesem Fall ignoriert. In Zeile 30 wird eine Auflösung von 10 mΩ spezifiziert. Wegen Zeile 10 beträgt die tatsächliche Auflösung jedoch 100 µΩ.

```
10 OUTPUT 722;"NPLC 1000"   !Maximale Integrationszeit
20 OUTPUT 722;"OHM 1E3"      !2-Draht-Widerstandsmessung, Bereich 1 kΩ
30 OUTPUT 722;"RES .001"    !10 mΩ Auflösung
40 END
```

## RESET

Mit diesem Befehl können Sie das Multimeter in den Einschalt-Zustand bringen, ohne es aus- und wieder einschalten zu müssen.

### Syntax

RESET

### Anmerkungen

- Der Befehl RESET bewirkt folgendes:
  - Die laufenden Messungen werden abgebrochen.
  - Das Fehlerregister und das Hilfs-Fehlerregister werden gelöscht.
  - Das Statusregister mit Ausnahme des "Power-on SRQ"-Bits (Bit 3) wird gelöscht.
  - Der Messwertspeicher wird gelöscht.

Außerdem beinhaltet RESET die folgenden Befehle:

|   |   |
|---|---|
| ACBAND 20,2E6                                       | MEM OFF (letzte Speicheroperation auf FIFO gesetzt) |
| AZERO ON  | MFORMAT SREAL                                       |
| DCV AUTO  | MMATH OFF   |
| DEFEAT OFF  | NDIG 7  |
| DELAY -1  | NPLC 10   |
| DISP ON   | NRDGS 1,AUTO  |
| EMASK 32767 (alle Bits aktiviert)                   | OCOMP OFF   |
| END OFF   | OFORMAT ASCII QFORMAT NORM                          |
| EXTOUT ICOMP,NEG                                    | RATIO OFF   |
| FIXEDZ OFF  | RQS 0   |
| FSOURCE ACV   | SETACV ANA  |
| INBUF OFF   | SLOPE POS   |
| LEVEL 0,AC  | SSRC LEVEL,AUTO                                     |
| LFILTER OFF   | SWEEP 100E-9,1024                                   |
| LFREQ (Netzfrequenz, auf 50 oder<br>60 Hz gerundet) | TARM AUTO   |
| LOCK OFF  | TBUFF OFF   |
| MATH OFF  | TIMER 1   |
|   | TRIG AUTO   |

Alle Math-Register auf 0 gesetzt außer:

|             |          |
|-------------|----------|
| DEGREE = 20 | REF = 1  |
| SCALE = 1   | RES = 50 |
| PERC = 1    |          |

- Der Befehl RESET ist zwar auch im Fernsteuerungsbetrieb verfügbar, aber hauptsächlich für die manuelle Betriebsart vorgesehen. RESET bringt das Multimeter in eine für manuelle Bedienung optimierte Grundeinstellung. Wird RESET aus dem alphabetischen Befehlsmenü heraus ausgeführt, so bringt er das Multimeter in die oben beschriebene Grundeinstellung. Wenn Sie gleichzeitig mit der Reset-Taste die "Shift"-Taste drücken, geschieht das gleiche, wie wenn Sie das Multimeter aus- und wieder einschalten: Der aktuelle Zustand wird als Zustand 0 abgespeichert; falls komprimierte Unterprogramme vorhanden sind, gehen diese verloren; gespeicherte

Messwerte gehen ebenfalls verloren; das Statusregisterbit "Power-on SRQ" wird gesetzt; und die Einschaltsequenz wird ausgeführt.

- Wenn Sie den Befehl RESET über den GPIB senden, kann es vorkommen, dass das Multimeter beschäftigt ist oder der GPIB blockiert wird. In beiden Fällen reagiert das Multimeter nicht sofort auf den Befehl RESET. Deshalb sollten Sie vor dem Befehl RESET den GPIB-Universalbefehl DEVICE CLEAR senden. Dies wird in dem folgenden Beispiel gezeigt.

- **Verwandte Befehle:** PRESET

### Beispiel

```

10 CLEAR 722           !GPIB-Schnittstelle zurücksetzen und etwaigen
15                      !"Busy"-Zustand des Multimeters aufheben
20 OUTPUT 722;"RESET"   !Multimeter in Reset-Zustand bringen
30 END

```

REV?

**Versionsabfrage.** Gibt zwei durch Komma getrennte Zahlen aus. Die erste Zahl ist die Firmwareversion des primären Prozessors des Multimeters. Die zweite Zahl ist die Firmwareversion des sekundären Prozessors.

### Syntax

REV?

### Beispiel

```

10 OUTPUT 722; "REV?"    !Firmware-Versionsnummern abfragen
20 ENTER 722; A, B       !Nummern einlesen
30 PRINT A, B            !Nummern anzeigen
40 END

```

## RMATH

**"Recall Math".** Dieser Befehl liest den Inhalt des spezifizierten Math-Registers.

### Syntax

RMATH [*Register*]

*Register*

Für den Parameter *Register* stehen folgende Werte zur Auswahl:

| <i>Register</i> | Numer.<br>Abfrage-<br>Äquivalent | Registerinhalt  |
|-----------------|----------------------------------|---|
| DEGREE          | 1                                | Zeitkonstante für FILTER- und RMS-Operationen.  |
| LOWER           | 2                                | Kleinster Messwert in STATS.  |
| MAX             | 3                                | Oberer Grenzwert für PFAIL-Operation.   |
| MEAN            | 4                                | Mittelwert der Messwerte in STATS.  |
| MIN             | 5                                | Unterer Grenzwert für PFAIL-Operation.  |
| NSAMP           | 6                                | Anzahl der Messwerte in STATS.  |
| OFFSET          | 7                                | Subtrahend für NULL- und SCALE-Operationen.   |
| PERC            | 8                                | Prozentwert für PERC-Operation.   |
| REF             | 9                                | Referenzwert für DB-Operation.  |
| RES             | 10                               | Referenzimpedanz für DBM-Operation.   |
| SCALE           | 11                               | Divisor für SCALE-Operation.  |
| SDEV            | 12                               | Standardabweichung in STATS.  |
| UPPER           | 13                               | Größter Messwert in STATS.  |
| HIRES           | 14                               | Wird von keiner Math-Operation verwendet (zusätzliches Register).   |
| PFAILNUM        | 15                               | Anzahl der Messwerte, bei denen die PFAIL-Operation das Ergebnis PASS lieferte, bevor erstmals das Ergebnis FAIL auftrat. |

Einschaltzustand-Wert *Register* = (nicht verfügbar).  
 Standardwert *Register* = DEGREE.

### Anmerkungen

- Die Inhalte von Math-Registern werden stets im ASCII-Format ausgegeben – unabhängig davon, welches Ausgabeformat spezifiziert wurde. Danach wird wieder das zuletzt spezifizierte Ausgabeformat verwendet (SINT, DINT, SREAL, DREAL oder ASCII).
- **Verwandte Befehle:** MATH, MMATH, SMATH

### Beispiel

```

10 OUTPUT 722;"TRIG HOLD"      !Triggerung anhalten
20 OUTPUT 722;"MEM FIFO"       !Messwertspeicher aktivieren, FIFO-Modus
30 OUTPUT 722;"NRDGS 10"        !10 Messungen pro Trigger
40 OUTPUT 722;"DCV 3"          !Messfunktion DCV, Bereich 10 V
50 OUTPUT 722;"MATH STAT"       !Statistische Math-Operationen aktivieren
60 OUTPUT 722;"TRIG SGL"        !Multimeter einmal triggern
70 OUTPUT 722;"RMATH SDEV"       !Standardabweichung abfragen
80 ENTER 722;A                 !Standardabweichung einlesen
90 PRINT A                      !Standardabweichung anzeigen
100 END

```

## RMEM

**"Recall Memory".** Dieser Befehl liest einen Messwert oder eine Gruppe von Messwerten aus dem Messwertspeicher. Die gespeicherten Messwerte bleiben dabei unverändert erhalten (d. h. sie werden nicht aus dem Messwertspeicher gelöscht).

### Syntax

RMEM [*erster\_Messwert*][,*Anzahl*] [,*Datensatz*]

*erster\_Messwert*

Dieser Parameter spezifiziert den ersten zu lesenden Messwert.

Einschaltzustand-Wert *erster\_Messwert* = (nicht verfügbar).  
 Standardwert *erster\_Messwert* = 1.

### Anzahl

Dieser Parameter spezifiziert die Anzahl der zu lesenden Messwerte, beginnend mit dem *ersten\_Messwert*.

Einschaltzustand-Wert *Anzahl* = (nicht verfügbar).

Standardwert *Anzahl* = 1.

### Datensatz

Dieser Parameter spezifiziert den Datensatz, aus dem die Messwerte zu lesen sind. Ein Datensatz enthält die mit dem Befehl NRDGS spezifizierte Anzahl von Messungen. Wenn mit dem Befehl NRDGS beispielsweise drei Messungen pro Triggerereignis spezifiziert wurden, enthält jeder Datensatz drei Messwerte.

Einschaltzustand-Wert *Datensatz* = (nicht verfügbar).

Standardwert *Datensatz* = 1.

### Anmerkungen

- Der Befehl RMEM deaktiviert automatisch den Messwertspeicher (MEM OFF). Das bedeutet, dass die gespeicherten Messwerte erhalten bleiben, aber keine neuen Messwerte mehr abgespeichert werden. Mit dem Befehl MEM CONT können Sie den Messwertspeicher reaktivieren, ohne die darin enthaltenen Messwerte zu löschen.
- Das Multimeter ordnet jedem gespeicherten Messwert eine eindeutige Nummer zu. Der jüngste Messwert hat die niedrigste Nummer (1) und der älteste die höchste Nummer. Die Messwertnummern werden stets nach dieser Regel vergeben, ganz gleich, ob der Messwertspeicher als LIFO- oder FIFO-Speicher konfiguriert ist. Auch die Datensätze werden auf diese Weise nummeriert – der jüngste Datensatz hat die Nummer 1.
- Wenn Sie den Befehl RMEM über die Frontplatte eingeben, wird zunächst der erste gespeicherte Messwert im Display angezeigt. Danach können Sie die übrigen gespeicherten Messwerte nacheinander mit der Pfeil-oben- oder Pfeil-unten-Taste abrufen; die Messwerte werden dadurch nicht aus dem Messwertspeicher gelöscht. Mit den Pfeil-rechts- oder Pfeil-links-Taste können Sie die Messwertnummer (linke Seite des Displays) und den Messwert (rechte Seite des Displays) abrufen.
- Im Fernsteuerungsbetrieb können gespeicherte Messwerte nicht nur mit dem Befehl RMEM, sondern auch durch "impliziertes Lesen" abgerufen werden. Weitere Informationen hierzu siehe unter "**Abrufen von Messwerten**" in **Kapitel 4**.

- **Verwandte Befehle:** MCOUNT?, MEM, MFORMAT, MSIZE, NRDGS

### Beispiel

```

10 OUTPUT 722;"TARM HOLD"      !Triggerung anhalten
20 OUTPUT 722;"DCV"            !Messfunktion DCV
30 OUTPUT 722;"TRIG AUTO"     !Automatische Triggerung
40 OUTPUT 722;"NRDGS 3 ,AUTO" !3 Messwerte pro Abtastereignis AUTO
50 OUTPUT 722;"MEM FIFO"      !Messwertspeicher aktivieren, FIFO-Modus
60 OUTPUT 722;"TARM SGL, 10"   !10 Messwertgruppen
70 OUTPUT 722;"RMEM 1,3,6"     !Messwerte Nummer 1 bis 3 aus der Gruppe
75                           !Nummer 6 abfragen
80 ENTER 722;A,B,C           !Messwerte in die Variablen A, B und C
85                           !einlesen
90 PRINT A,B,C                !Messwerte ausdrucken
100 END

```

## RQS

**"Request Service".** Dieser Befehl macht einen oder mehrere Statusregisterzustände SRQ-fähig. Wenn einer der SRQ-fähigen Zustände eintritt, setzt das Multimeter die SRQ-Busleitung auf TRUE.

### Syntax

RQS [*Wert*]

*Wert*

Um einen bestimmten Zustand SRQ-fähig zu machen, müssen Sie dessen Dezimaläquivalent als Parameter "Wert" spezifizieren. Um mehr als einen Fehlerzustand SRQ-fähig zu machen, müssen Sie die Summe der entsprechenden Dezimaläquivalente spezifizieren. Die nachfolgende Tabelle zeigt die einzelnen Zustände und deren Dezimaläquivalente.

| Dezimal-<br>äquivalent | Bit-<br>Nummer | Zugeordneter Zustand   |
|------------------------|----------------|--|
| 1                      | 0              | Ausführung des intern gespeicherten Programms abgeschlossen. |
| 2                      | 1              | HI- oder LO-Grenzwert über- bzw. unterschritten.             |

| Dezimal-<br>äquivalent | Bit-<br>Nummer | Zugeordneter Zustand   |
|------------------------|----------------|--|
| 4                      | 2              | SRQ-Befehl ausgeführt.   |
| 8                      | 3              | Einschalt-SRQ.   |
| 16                     | 4              | Bereit für Befehle.  |
| 32                     | 5              | Fehler (Ursache aus dem Inhalt des Fehlerregisters ersichtlich).       |
| 64                     | 6              | SRQ-Meldung wurde gesendet (dieses Bit kann nicht deaktiviert werden). |
| 128                    | 7              | Daten verfügbar.   |

Einschaltzustand-Wert Wert: Falls beim Ausschalten des Multimeters "Power-On SRQ" aktiviert war, ist Wert = 8, sonst ist Wert = 0.  
 Standardwert Wert = 0 (kein Zustand SRQ-fähig).

### Anmerkungen

- Mit dem Befehl EMASK können Sie bestimmen, welche Fehler das Bit 5 setzen.
- Das "SRQ nach dem Einschalten"-Bit wird nichtflüchtig gespeichert. Alle übrigen Bits gehen wieder beim Einschalten des Gerätes zurückgesetzt.
- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl RQS? liefert die gewichtete Summe aller gesetzten Statusregisterbits zurück.
- **Verwandte Befehle:** CSB, SPOLL (GPIB-Universalbefehl), STB?

### Beispiele

|                      |   |
|----------------------|---|
| OUTPUT 722;"RQS 4"   | !Manuelles SRQ ermöglichen  |
| OUTPUT 722;"RQS 40"  | !"Gerät wurde eingeschaltet"-Zustand (8) und<br>!Fehlerzustände (32) SRQ-fähig machen |
| OUTPUT 722;"RQS 255" | !Alle Zustände SRQ-fähig machen   |
| OUTPUT 722;"RQS 0"   | !Alle Zustände maskieren  |

## RSTATE

**"Recall State"**. Mit diesem Befehl können Sie einen gespeicherten Zustand abrufen, d. h. das Multimeter in den betreffenden Zustand bringen. Das Abspeichern von Zuständen erfolgt mit dem Befehl SSTATE.

### Syntax

RSTATE [Name]

Name

Der Name des abzurufenden Zustands. Ein Zustandsname kann bis zu zehn Zeichen enthalten. Der Name kann aus Buchstaben oder aus Buchstaben und Ziffern bestehen, oder eine ganze Zahl im Bereich von 0 bis 127 sein. Einzelheiten siehe Beschreibung des Befehls [SSTATE](#).

Einschaltzustand-Wert *Name* = (nicht verfügbar).  
Standardwert *Name* = 0.

### Anmerkungen

- Beim Ausschalten des Multimeters oder bei einem Netzspannungsausfall wird dessen aktueller Zustand automatisch als Zustand 0 abgespeichert. Mit dem Befehl RSTATE 0 können Sie diesen Zustand wiederherstellen.
- Falls in einem gespeicherten Zustand die Echtzeit-Math-Operation NULL aktiviert war, wird nach dem Abrufen dieses Zustands der erste erfasste Messwert in das OFFSET-Register abgespeichert (weitere Informationen siehe unter "NULL" in [Kapitel 4](#)).
- Sie können sich die Namen aller gespeicherten Zustände im Display anschauen, indem Sie die Recall State-Taste und dann wiederholt die Pfeil-oben- oder Pfeil-unten-Taste drücken. Wenn Sie den gewünschten Zustand gefunden haben, können Sie diesen durch Drücken der Enter-Taste abrufen.
- **Verwandte Befehle:** MSIZE, PURGE, SCRATCH, SSTATE

### Beispiel

```
OUTPUT 722; "RSTATE B2" !Gespeicherten Zustand mit dem Namen B2 aufrufen
```

## SCAL

Dies ist ein Kalibrierbefehl. Einzelheiten hierzu siehe Kalibrierhandbuch zum 3458A.

## SCRATCH

Dieser Befehl löscht alle Unterprogramme und gespeicherten Zustände aus dem Internspeicher des Multimeters.

### Syntax

SCRATCH

### Anmerkungen

- Mit dem Befehl DELSUB können Sie einzelne Unterprogramme löschen. Mit dem Befehl PURGE können Sie einzelne Zustände löschen.
- **Verwandte Befehle:** DELSUB, PURGE, RSTATE, SSTATE, SUB

### Beispiel

OUTPUT 722;"SCRATCH" !Alle Unterprogramme und gespeicherten Zustände löschen

## SECURE

**"Security Code".** Mit diesem Befehl kann die für die Kalibrierung verantwortliche Person einen Passwortschutz gegen irrtümliche oder unbefugte Kalibrierung/Autokalibrierung einrichten. (Einzelheiten zur Autokalibrierung siehe Beschreibung des Befehls [ACAL](#).)

### Syntax

SECURE *alter\_Sicherheitscode*, *neuer\_Sicherheitscode* [,Schutzmodus]

*alter\_Sicherheitscode*

Dies ist der derzeitige Sicherheitscode des Multimeters. Bei Auslieferung des Gerätes lautet der Sicherheitscode 3458.

*neuer\_Sicherheitscode*

Dies ist der neue Sicherheitscode. Es ist eine Integer-Zahl im Bereich von -2.1E9 bis 2.1E9 zu spezifizieren. Falls eine Nicht-Integer-Zahl spezifiziert wird, wird diese auf einen Integer-Wert gerundet.

### Schutzmodus

Hiermit kann die Autokalibrierung geschützt oder freigegeben werden. Es stehen folgende Werte zur Auswahl:

| <b>Schutzmodus</b> | <b>Numer.<br/>Abfrage-Äquiv<br/>alent</b> | <b>Beschreibung</b>  |
|--------------------|---|--|
| OFF                | 0   | Autokalibrierung freigegeben – die Autokalibrierung kann ohne Eingabe eines Sicherheitscodes durchgeführt werden.                |
| ON                 | 1   | Autokalibrierung geschützt – zur Autokalibrierung ist die Eingabe des Sicherheitscodes erforderlich (Beispiel siehe unter ACAL). |

Einschaltzustand-Wert *Schutzmodus* = zuvor spezifizierter Wert (Werkseinstellung = ON).  
 Standardwert *Schutzmodus* = OFF.

### Anmerkungen

- Der Wert 0 für *neuer\_Sicherheitscode* deaktiviert den Passwortschutz für die Kalibrierung und Autokalibrierung; auf diese Funktionen kann dann ohne vorherige Eingabe des Sicherheitscodes zugegriffen werden.
- Mit dem Befehl SECURE spezifizierte Sicherheitscodes erscheinen nicht in der mit der Last Entry-Taste abrufbaren Befehlshistorie.
- **Verwandte Befehle:** ACAL, CAL, CALNUM?, CALSTR, SCAL

### Beispiele

Ändern des Sicherheitscodes

```
OUTPUT 722;"SECURE 3458,4448,0N" !CHANGE FACTORY SECURITY CODE TO 4448,  
!Passwortschutz für Autokalibrierung aktivieren
```

Disabling Security

```
OUTPUT 722;"SECURE 3458,0"    !Passwortschutz für Kalibrierung und  
!Autokalibrierung aufheben
```

## SETACV

**"Set ACV"**. Dieser Befehl spezifiziert das Messverfahren für ACV- oder AC+DCV-Messungen.

### Syntax

SETACV [*Typ*]

*Typ*

Mit dem Parameter *Typ* kann zwischen drei verschiedenen Verfahren gewählt werden: analog, "Random-Sampling" oder "Synchronous-Sampling". Es stehen folgende Werte zur Auswahl:

| <b>Typ</b> | <b>Numer.<br/>Abfrage-<br/>Äquivalent</b> | <b>Beschreibung</b>                  |
|------------|---|--------------------------------------|
| ANA        | 1   | Analoges Effektivwert-Messverfahren  |
| RNDM       | 2   | "Random-Sampling"-Messverfahren      |
| SYNC       | 3   | "Synchronous-Sampling"-Messverfahren |

Einschaltzustand-Wert *Typ* = ANA.

Standardwert *Typ* = ANA.

### Anmerkungen

- Die Bandbreite ist vom jeweiligen Messverfahren abhängig. Einzelheiten siehe „Anhang A: Spezifikationen“ auf Seite 459.
- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl SETACV? liefert den Code für das derzeit verwendete AC-Messverfahren zurück. Weitere Informationen hierzu siehe unter „Abfragebefehle“ am Anfang dieses Kapitels.
- **Verwandte Befehle:** ACBAND, ACDCV, ACV, FUNC, SSRC

## Beispiel

```
10 OUTPUT 722; "SETACV SYNC" !Messverfahren "Synchronous-Sampling"
15                               !(DC-gekoppelt)
20 OUTPUT 722;"ACDCV"          !Messfunktion AC+DCV
30 END
```

## SLOPE

Der (in Verbindung mit dem Befehl LEVEL verwendete) Befehl SLOPE spezifiziert die von der Pegeldetektorschaltung zu überwachende Eingangssignalflanke.

### Syntax

SLOPE [*Flanke*]

#### *Flanke*

Dieser Parameter gibt vor, welche Eingangssignalflanke (positiv oder negativ) von der Pegeldetektorschaltung zu überwachen ist. Es stehen folgende Werte zur Auswahl:

| <i>Flanke</i> | Numer.<br>Abfrage-<br>Äquivalent | Beschreibung           |
|---------------|----------------------------------|------------------------|
| NEG           | 0                                | Negative Signalflanke. |
| POS           | 1                                | Positive Signalflanke. |

Einschaltzustand-Wert *Flanke* = POS.

Standardwert *Flanke* = POS.

### Anmerkungen

- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl SLOPE? liefert den Code für die aktuelle Signalflanke zurück. Weitere Informationen hierzu siehe unter "[Abfragebefehle](#)" am Anfang dieses Kapitels.
- **Verwandte Befehle:** LEVEL, LFILTER, NRDGS, SSRC, TRIG

## Beispiel

```
OUTPUT 722;"SLOPE POS"      !Positive Signalflanke für
!Pegeldetektorschaltung
```

## SMATH

**"Store Math"**. Dieser Befehl schreibt die spezifizierte Zahl in das spezifizierte Math-Register.

### Syntax

SMATH [*Register*][,*Nummer*]

*Register*

Nachfolgend sind die Register aufgelistet, in die geschrieben werden kann.

| <b>Register</b> | <b>Numer.<br/>Abfrage-<br/>Äquivalent</b> | <b>Registerinhalt</b>                          | <b>Einschaltzust<br/>and-Wert</b> |
|-----------------|---|--|-----------------------------------|
| DEGREE          | 1   | Zeitkonstante für FILTER- und RMS-Operationen. | 20                                |
| LOWER           | 2   | Kleinster Messwert in STATS.                   | 0                                 |
| MAX             | 3   | Oberer Grenzwert für PFAIL-Operation           | 0                                 |
| MEAN            | 4   | Mittelwert der Messwerte in STATS.             | 0                                 |
| MIN             | 5   | Unterer Grenzwert für PFAIL-Operation.         | 0                                 |
| NSAMP           | 6   | Anzahl der Messwerte in STATS.                 | 0                                 |
| OFFSET          | 7   | Subtrahend für NULL- und SCALE-Operationen.    | 0                                 |
| PERC            | 8   | Prozentwert für PERC-Operation.                | 1                                 |
| REF             | 9   | Referenzwert für DB-Operation.                 | 1                                 |
| RES             | 10  | Referenzimpedanz für DBM-Operation.            | 50                                |
| SCALE           | 11  | Divisor für SCALE-Operation.                   | 1                                 |
| UPPER           | 13  | Größter Messwert in STATS.                     | 0                                 |

| <b>Register</b> | <b>Numer.<br/>Abfrage-<br/>Äquivalent</b> | <b>Registerinhalt</b>   | <b>Einschaltzust<br/>and-Wert</b> |
|-----------------|---|---|-----------------------------------|
| HIRES           | 14  | Wird von keiner Math-Operation verwendet.   | 0                                 |
| PFAILNUM        | 15  | Anzahl der Messwerte, bei denen die PFAIL-Operation das Ergebnis PASS lieferte, bevor erstmals das Ergebnis FAIL auftrat. | 0                                 |

Standardwert Register = DEGREE.

Einschaltzustand-Wert Register = (siehe obige Liste).

#### Nummer

Der Parameter Nummer spezifiziert den in das Register zu schreibenden Wert.

Standardwert Nummer = letzter Messwert.

Einschaltzustand-Wert Nummer = (siehe obige Liste).

#### Anmerkungen

- Wenn Sie mit dem Befehl SMATH einen Wert in eines der zur Speicherung von Messwerten verwendeten Register (UPPER, LOWER usw.) schreiben und anschließend eine dieses Register betreffende Math-Operation (beispielsweise STATS) aktivieren, wird der im Register enthaltene Wert durch einen Messwert überschrieben.
- Beachten Sie, dass der Wert –1 (minus 1) für Zahl nicht den Standardwert wählt, sondern tatsächlich die Zahl –1 in das Register schreibt.
- **Verwandte Befehle:** MATH, MMATH, RMATH

#### Beispiele

```
OUTPUT 722;"SMATH 11,1E-3" ! Den Wert "1E-3" in das SCALE-Register schreiben
```

In den Zeilen 10 und 20 des folgenden Programms wird das Multimeter für Widerstandsmessungen konfiguriert. In Zeile 30 wird die Widerstandsmessung getriggert. In Zeile 40 wird der Standardwert für Zahl gewählt; dies bewirkt, dass der Widerstandsmesswert in das RES-Register geschrieben wird. In Zeile 50 wird ein Bedienerhinweis angezeigt, der den Benutzer auffordert, die Spannungsquelle an das Multimeter anzuschließen. In Zeile 80 wird die Math-Operation DBM aktiviert. Das Ergebnis der Math-Operation DBM ist die von der Spannung an dem gemessenen Widerstand hervorgerufene Leistung in dB.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET NORM"          !Triggerfreigabeereignis AUTO, Trigger-
15                                     !ereignis SYN, Einzelmessung, AUTO
20 OUTPUT 722;"OHM"                  !2-Draht-Widerstandsmessung
30 OUTPUT 722;"TRIG SGL"            !Einmalige Triggerung
40 OUTPUT 722;"SMATH RES"           !Messwert wird in das RES-Register
45                                     !geschrieben
50 DISP "Spannungsquelle anschließen und CONT drücken"!Benutzerhinweis
60 PAUSE                            !Programmausführung anhalten
70 OUTPUT 722;"ACV"                 !Messfunktion ACV wählen
80 OUTPUT 722;"MATH DBM"            !Statistische Math-Operation DBM
85                                     !aktivieren
90 OUTPUT 722;"TRIG AUTO"           !Automatische Triggerung
100 END

```

## SRQ

**"Service Request"**. Dieser Befehl setzt das Statusregisterbit 2. Falls Bit 2 SRQ-fähig ist (Befehl RQS 4), wird bei Ausführung des Befehls SRQ die SRQ-Leitung der GPIB-Schnittstelle auf TRUE gesetzt.

### Syntax

SRQ

- **Verwandte Befehle:** CSB, EXTOUT, RQS, SPOLL (GPIB-Universalbefehl), STB?

### Beispiel

```

10 OUTPUT 722;"RQS 4"      !Statusregisterbit 2 SRQ-fähig machen
20 OUTPUT 722;"SRQ"        !Bit 2 setzen und dadurch die SRQ-Leitung auf
25                                     !TRUE setzen
30 END

```

## SSAC, SSDC

**"Sub-Sampling".** Dieser Befehl konfiguriert das Multimeter für "Sub-Sampling"-Messungen (Digitalisierung). Die Messfunktion SSAC erfasst nur die AC-Komponente des Eingangssignals. Die Messfunktion SSDC erfasst die AC- und DC-Komponenten. Ansonsten sind die beiden Funktionen identisch. "Sub-Sampling"-Messungen erfordern ein periodisches (repetitives) Eingangssignal. Die "Sub-Sampling"-Messfunktion verwendet die "Track-and-hold"-Schaltung (2 ns Apertur) und einen breitbandigen Eingangssignalpfad (12 MHz Bandbreite).

### Syntax

SSAC [*max.\_Eingangswert*] [%\_Auflösung]

SSDC [*max.\_Eingangswert*] [%\_Auflösung]

*max.\_Eingangswert*

Dieser Parameter spezifiziert den Messbereich (die "Autorange"-Funktion ist für "Sub-Sampling"-Messungen nicht verfügbar). Zur Vorgabe eines Bereichs müssen Sie die zu erwartende Spitzenamplitude des Eingangssignals als *max.\_Eingangswert* spezifizieren. Das Multimeter wählt anhand dieses Wertes den passenden Bereich. Die zulässigen Werte für *max.\_Eingangswert* und die dadurch spezifizierten Bereiche sind aus der nachfolgenden Tabelle ersichtlich.

| <i>max._Eingangswert</i> | Entsprechender Bereich | Bereichsendwert |
|--------------------------|------------------------|-----------------|
| 0 bis 0.012              | 10 mV                  | 12 mV           |
| >0.012 bis 0.120         | 100 mV                 | 120 mV          |
| >0.120 bis 1.2           | 1 V                    | 1.2 V           |
| >1.2 bis 12              | 10 V                   | 12 V            |
| >12 bis 120              | 100 V                  | 120 V           |
| >120 bis 1E3             | 1000 V                 | 1050 V          |

Einschaltzustand-Wert *max.\_Eingangswert* = (nicht verfügbar). Standardwert *max.\_Eingangswert* = 10 V.

### %\_Auflösung

Dieser Parameter wird vom Multimeter ignoriert, wenn er mit dem Befehl SSAC oder SSDC gesendet wird. Aus Gründen der Konsistenz mit anderen Messfunktionsbefehlen (FUNC, ACI, DCV usw.) ist er jedoch syntaktisch erlaubt.

### Anmerkungen

- Die "Autozero"- und "Autorange"-Funktionen sind für "Sub-Sampling"-Messungen nicht verfügbar. Falls eine dieser Funktionen bei Ausführung des Befehls SSAC oder SSDC aktiv ist, wird sie deaktiviert.
- Wie bei "Direct-Sampling"-Messungen können Sie einen Triggerpegel bis zu 500% des Bereichs spezifizieren. Das obligatorische SINT-Format unterstützt jedoch keine Messwerte, die größer sind als 120% des Bereichs.
- Falls der Messwertspeicher bei Ausführung des Befehls SSAC oder SSDC deaktiviert ist, wählt das Multimeter automatisch das Ausgabeformat SINT (ohne das Speicherformat zu verändern). Wenn Sie später eine andere Messfunktion wählen, gilt wieder das zuvor spezifizierte Ausgabeformat. Für "Sub-Sampling"-Messungen, oder wenn die Messwerte direkt über den GPIB ausgegeben werden, müssen Sie das SINT-Ausgabeformat verwenden. Falls die Messwerte zunächst im Messwertspeicher abgelegt werden, können Sie jedes beliebige Ausgabeformat verwenden (siehe nächste Anmerkung). Hierzu sollten Sie den Messwertspeicher vor Ausführung des Befehls SSAC oder SSDC aktivieren. (Bei aktiviertem Messwertspeicher ändert der Befehl SSAC oder SSDC das Ausgabeformat nicht auf SINT ab).
- Bei "Sub-Sampling"-Messungen mit aktiviertem Messwertspeicher muss vor dem Eintreten des Triggerfreigabeereignisses der Messwertspeicher als FIFO-Speicher konfiguriert und leer sein (der Befehl MEM FIFO löscht den Messwertspeicher), und das Speicherformat muss SINT sein. Ist dies nicht der Fall, so tritt nach dem Triggerfreigabeereignis der Fehler SETTINGS CONFLICT auf, und es werden keine Messwerte erfasst.
- Bei "Sub-Sampling"-Messungen werden die Trigger- und Abtastereignisse ignoriert (diese Ereignisse sind in [Kapitel 4](#) beschrieben). Für "Sub-Sampling"-Messungen sind nur das Triggerfreigabeereignis (Befehl TARM) und das "Sync Source"-Ereignis relevant.
- Bei "Sub-Sampling"-Messungen werden Messwerte über mehrere Eingangssignalperioden hinweg erfasst. Wenn die erfassten Messwerte in den Messwertspeicher geschrieben werden (Befehl MEM), sortiert das Multimeter die Messwerte automatisch in der zur Konstruktion des zusammengesetzten

Signals erforderlichen Reihenfolge. Wenn die Messwerte zum Ausgangspuffer gesendet werden, muss der Steuercomputer das zusammengesetzte Signal mit Hilfe eines geeigneten Algorithmus rekonstruieren. Die für diesen Algorithmus erforderlichen Parameter können mit dem Befehl SSPARM? abgefragt werden.

- Das *effektive\_Abtastintervall* (Zeitintervall zwischen je zwei Messungen) und die Gesamtzahl der Messwerte können mit dem Befehl SWEEP spezifiziert werden. (Der Befehl NRDGS ist für "Sub-Sampling"-Messungen nicht verwendbar). Bei "Sub-Sampling"-Messungen wählt das Multimeter die Messzeit (Anzahl der Eingangssignalperioden) automatisch so lang, wie zur Erzielung des spezifizierten *effektiven\_Abtastintervalls* erforderlich. Das minimale *effektive\_Abtastintervall* für "Sub-Sampling"-Messungen beträgt 10 ns. (Eine detaillierte Beschreibung des Prozesses finden Sie unter "*"Sub-Sampling"*" in Kapitel 5.).
- **Verwandte Befehle:** DSAC, DSDC, FUNC, ISCALE?, LEVEL, LFILTER, MEM FIFO, SLOPE, PRESET FAST, PRESET DIG, SSDC, SSPARM?, SSRC, SWEEP, TARM

## Beispiele

Im folgenden Programmbeispiel werden die "Sub-Sampling"-Messwerte im (obligatorischen) SINT-Speicherformat in den Messwertspeicher geschrieben. Das Multimeter ordnet die Messwerte automatisch in der richtigen Reihenfolge an. Anschließend werden die Messwerte im DREAL-Ausgabeformat zum Steuercomputer übertragen. (Wenn die "Sub-Sampling"-Messwerte zunächst im Messwertspeicher zwischengespeichert werden, sind Sie nicht auf das SINT-Ausgabeformat beschränkt).

```

10 OPTION BASE 1           !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 REAL Samp(1:200) BUFFER !Puffer-Array deklarieren
30 ASSIGN @Dvm TO 722      !Multimeteradresse zuweisen
40 ASSIGN @Samp TO BUFFER Samp(*) !Puffer zuweisen
50 OUTPUT @Dvm;"PRESET FAST" !Triggerfreigabeereignis SYN, Trigger-
55                           !ereignis AUTO, DINT-Formate
60 OUTPUT @Dvm; "MEM FIFO"   !Messwertspeicher-Modus FIFO
70 OUTPUT @Dvm; "MFORMAT SINT" !Speicherformat SINT
80 OUTPUT @Dvm; "OFORMAT DREAL" !Ausgabeformat DOUBLE REAL
90 OUTPUT @Dvm; "SSDC 10"     !"Sub-Sampling", Bereich 10 V,
95                           !DC-Kopplung

```

```

100 OUTPUT @Dvm; "SWEEP 5E - 6,200"!Effektives Abtastintervall 5 µs,
105                                         !200 Messungen
110 TRANSFER @Dvm TO @Samp;WAIT      !Messwerte in Steuercomputer-Puffer
115                                         !übertragen
120 FOR I=1 TO 200
130 IF ABS(Samp(I))=1E+38 THEN      !Bereichsüberschreitung erkennen
140 PRINT "Overload Occurred"       !Bereichsüberschreitung anzeigen
150 ELSE                            !Falls keine Bereichsüberschreitung
155                                         !vorliegt:
160 Samp(I)=DROUND(Samp(I),5)      !Auf fünf Stellen runden
170 PRINT Samp(I)                  !Messwert ausdrucken
180 END IF
190 NEXT I
200 END

```

In dem folgenden Beispiel wird der Befehl SSAC zur Digitalisierung eines 10 kHz-Signals mit einer Spitzenspannung von 5 V verwendet. Der Befehl SWEEP veranlasst das Multimeter dazu, 1000 Messungen (Variable "Num\_samples") mit einem effektiven\_Abtastintervall von 2 µs (Variable "Eff\_int") auszuführen. Für diese Messung werden die Standard-Pegeltrigger-Parameter für das "Sync Source"-Ereignis verwendet (Triggerung auf Nulldurchgang des Eingangssignals, AC-Kopplung, positive Flanke). Zeile 120 generiert ein SYN-Ereignis und veranlasst eine direkte Messwertübertragung zum Steuercomputer. In den Zeilen 240 bis 410 werden die "Sub-Sampling"-Messwerte in der richtigen Reihenfolge zusammengesetzt. Der Datensatz für das zusammengesetzte Signal wird in dem Array "Wave\_form" abgelegt.

```

10 OPTION BASE 1                      !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 INTEGER Num_samples,Inc,I,J,K,L!Variablen deklarieren
30 Num_samples=1000                   !Anzahl der Messungen spezifizieren
40 Eff_int=2.0E-6                     !Effektives Abtastintervall spezifi-
45                                         !zieren
50 INTEGER Int_samp(1:1000) BUFFER!Integer-Array für Puffer deklarieren
60 ALLOCATE REAL Wave_form(1:Num_samples)!Array für sortierte Messwerte
65                                         !deklarieren
70 ALLOCATE REAL Samp(1:Num_samples)!Array für Messwerte deklarieren
80 ASSIGN @Dvm TO 722                 !Multimeteradresse zuweisen
90 ASSIGN @Int_samp TO BUFFER Int_samp(*)!Puffer-I/O-Pfadname zuweisen
100 OUTPUT @Dvm;"PRESET FAST;LEVEL;SLOPE;SSRC LEVEL;SSDC 10"

```

```

101 !"High-Speed"-Modus, Triggerfreigabeereignis SYN, "Sync Source"-  

102 !Ereignis LEVEL 0 V, positive Flanke  

105 !(Standardwerte) "Sub-Sampling" (SINT-Ausgabeformat), Bereich 10 V  

110 OUTPUT @Dvm;"SWEEP ";Eff_int,Num_samples  

115 !Effektives Abtastintervall 2 µs, 1000 Messungen  

120 TRANSFER @Dvm T0 @Int_samp;WAIT!SYN-Ereignis, Messwerte übertragen in  

121 !Integer-Array; da das Integer-Format des Computers exakt dem  

122 !SINT-Format entspricht, ist keine Datenkonvertierung notwendig (es ist  

125 !ein Integer-Array erforderlich)  

130 OUTPUT @Dvm;"ISCALE?"           !Skalierungsfaktor für SINT-Format  

135                               !abfragen  

140 ENTER @Dvm; S                 !Skalierungsfaktor einlesen  

150 OUTPUT @Dvm;"SSPARD?"         !"Sub-Sampling"-Parameter abfragen  

160 ENTER @Dvm;N1,N2,N3          !"Sub-Sampling"-Parameter einlesen  

170 FOR I=1 TO Num_samples  

180 Samp(I)=Int_samp(I)          !Jeweils einen Integer-Messwert in das  

190 !Real-Format umwandeln (ist zur Verhinderung eines etwaigen Integer-  

191 !Überlaufs in der nächsten Zeile erforderlich)  

190 R=ABS(Samp(I))              !Anhand des absoluten Wertes auf  

195                               !Bereichsüberschreitung überprüfen  

200 IF R>=32767 THEN PRINT "OVLD" !Falls Bereichsüberschreitung, Meldung  

205                               !anzeigen  

210 Samp(I)=Samp(I)*S           !Messwert mit Skalierungsfaktor multi-  

215                               !plizieren  

220 Samp(I)=DROUND(Samp(I),4)   !Auf vier Stellen runden  

230 NEXT I  

235 !----- Messwerte sortieren -----  

240 Inc=N1+N2                   !Gesamtzahl der Bursts  

250 K=1  

260 FOR I=1 TO N1  

270 L=I  

280 FOR J=1 TO N3  

290 Wave_form(L)=Samp(K)  

300 K=K+1  

310 L=L+Inc  

320 NEXT J

```

```

330 NEXT I
340 FOR I=N1+1 TO N1+N2
350 L=I
360 FOR J=1 TO N3-1
370 Wave_form(L)=Samp(K)
380 K=K+ 1
390 L=L+Inc
400 NEXT J
410 NEXT I
420 END

```

## SSPARM?

**"Sub-Sampling Parameters"-Abfrage.** Dieser Abfragebefehl liefert die Parameter zurück, die zur Rekonstruktion eines im "Sub-Sampling"-Verfahren erfassten Signals (Befehl SSAC oder SSDC) benötigt werden, wenn die Messwerte direkt in den GPIB-Ausgangspuffer geschrieben werden. (Wenn die Messwerte in den Messwertspeicher geschrieben werden, wird das Signal vom Multimeter automatisch rekonstruiert.)

Der erste zurückgelieferte Wert ist die Anzahl der Bursts, die jeweils  $N$  Messwerte enthalten. Der zweite zurückgelieferte Wert ist die Anzahl der Bursts, die jeweils  $N-1$  Messwerte enthalten. Der dritte zurückgelieferte Wert ist die Zahl  $N$ . Beispiel: Angenommen, Sie erfassen im "Sub-Sampling"-Modus ein 10 kHz-Signal und spezifizieren 22 Messungen mit einem effektiven Abtastintervall von 5 µs. In diesem Beispiel erfassst das Multimeter insgesamt vier Bursts: Zwei Bursts enthält jeweils sechs Messwerte, die beiden übrigen Bursts enthalten jeweils fünf Messwerte. Der Abfragebefehl SSPARM? liefert dann die Werte 2, 2 und 6.

### Syntax

SSPARM?

### Anmerkungen

- **Verwandte Befehle:** SSAC, SSDC, SSRC, SWEEP

### Beispiel

Siehe Beschreibung des Befehls SSDC auf der vorigen Seite.

## SSRC

**"Sync Source".** Bei "Sub-Sampling"-Messungen (Befehl SSAC oder SSDC) können Sie mit dem Befehl SSRC die Bursts mit einem externen Signal oder einem bestimmten Pegel des Eingangssignals synchronisieren.

Bei synchronen ACV- oder ACDCV-Messungen (Befehl SETACV SYNC), können Sie mit dem Befehl SSRC die Abtastung mit einem externen Signal synchronisieren. Mit dem Parameter HOLD können Sie verhindern, dass das Multimeter automatisch zum "Random"-Messverfahren wechselt, wenn innerhalb eines bestimmten Zeitlimits keine Pegeltriggerung erfolgt. Die Zeitlimits werden durch die AC-Bandbreiteneinstellung (Befehl ACBAND) bestimmt.

### Syntax

SSRC [Quelle][,Modus]

#### Quelle

Für den Parameter *Quelle* stehen folgende Werte zur Auswahl:

| Quelle               | Numer.<br>Abfrage-<br>Äquivalent | Beschreibung  |
|----------------------|----------------------------------|---|
| EXT                  | 2                                | Die Messung wird mit dem am rückseitigen Ext Trig-Anschluss anliegenden externen Signal synchronisiert.                                       |
| LEVEL <sup>[a]</sup> | 7                                | Die Messung wird mit dem spezifizierten Pegel (Befehl LEVEL) und der spezifizierten Flanke (Befehl SLOPE) des Eingangssignals synchronisiert. |

[a] Bei synchronen ACV- oder ACDCV-Messungen werden der Triggerpegel (Befehl LEVEL) und die Triggerflanke (Befehl SLOPE) automatisch gewählt und können nicht spezifiziert werden.

Einschaltzustand-Wert *Quelle* = LEVEL.

Standardwert *Quelle* = LEVEL.

#### Modus

Der Parameter *Modus* betrifft nur synchrone ACV- oder ACDCV-Messungen. Es stehen folgende Werte zur Auswahl:

| <b>Modus</b>        | <b>Numer.<br/>Abfrage-<br/>Äquivalent</b> | <b>Beschreibung</b>  |
|---------------------|---|--|
| AUTO <sup>[a]</sup> | 1   | Wenn bei synchronen AC- oder ACDCV-Messungen (SETACV SYNC) mit Pegeltriggerung (Standardbetriebsart) während einer Messung das Eingangssignal abgetrennt und nicht innerhalb des vorgegebenen Zeitlimits wieder angelegt wird, schaltet das Multimeter automatisch auf das Messverfahren RANDOM um, sodass die Messung zu Ende geführt werden kann. (Nach der Messung schaltet das Multimeter automatisch wieder auf das Messverfahren SYNC um.) |
| HOLD                | 4   | Das Multimeter wechselt nicht automatisch vom "Synchronous"- zum "Random"-Messverfahren, wenn das Eingangssignal abgetrennt wird.  |

[a] Das Zeitlimit für synchrone AC- oder ACDCV-Messungen wird durch die mit dem Befehl ACBAND spezifizierte Bandbreite bestimmt.

Einschaltzustand-Wert *Modus* = AUTO  
 Standardwert *Modus* = AUTO.

### Anmerkungen

- Bei "Sub-Sampling"-Messungen werden das Triggerereignis und das Abtastereignis ignoriert. Für "Sub-Sampling"-Messungen sind nur das Triggerfreigabeereignis (Befehl TARM) und das "Sync Source"-Ereignis (Befehl SSRC relevant). Bei synchronen ACV- oder ACDCV-Messungen (Befehl SETACV SYNC) müssen das spezifizierte Triggerfreigabeereignis (Befehl TARM), das spezifizierte Triggerereignis (Befehl TRIG) und das spezifizierte Abtastereignis (Befehl NRDGS) in der richtigen Reihenfolge eintreten, bevor eine Messung erfolgen kann.
- Bei "Sub-Sampling"- und synchronen AC-Messungen werden Gruppen von Messwerten (Bursts) über mehrere Eingangssignalperioden hinweg erfasst. Das "Sync Source"-Ereignis synchronisiert diese Bursts mit der Periode des Eingangssignals (d. h. ein "Sync Source"-Ereignis sollte typischerweise einmal pro Periode auftreten).

- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl SSRC? liefert zwei durch Kommas getrennte Werte zurück. Der erste Wert gibt die aktuelle *Quelle* an. Der zweite Wert gibt den aktuellen *Modus* an. Weitere Informationen hierzu siehe unter "[Abfragebefehle](#)" am Anfang dieses Kapitels.
- **Verwandte Befehle:** LEVEL, LFILTER, SETACV SYNC, SLOPE, SSAC, SSDC

## Beispiele

In dem folgenden Beispiel wird der Befehl SSAC zur Digitalisierung eines 10 kHz-Signals mit einer Spitzenspannung von 5 V verwendet. Der Befehl SWEEP veranlasst das Multimeter dazu, 1000 Messungen (Variable "Num\_samples") mit einem effektiven *Abtastintervall* von 2 µs (Variable "Eff\_int") auszuführen. Für diese Messung werden die Standard-Pegeltrigger-Parameter für das "Sync Source"-Ereignis verwendet (Triggerung auf Nulldurchgang des Eingangssignals, AC-Kopplung, positive Flanke). Zeile 120 generiert ein SYN-Ereignis und veranlasst eine direkte Messwertübertragung zum Steuercomputer. In den Zeilen 240 bis 410 werden die "Sub-Sampling"-Messwerte in der richtigen Reihenfolge zusammengesetzt. Der Datensatz für das zusammengesetzte Signal wird in dem Array "Wave\_form" abgelegt.

```

10 OPTION BASE 1           !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 INTEGER Num_samples,Inc,I,J,K,L!Variablen deklarieren
30 Num_samples=1000          !Anzahl der Messungen spezifizieren
40 Eff_int=2.0E-6            !Effektives Abtastintervall spezifi-
45                           !zieren
50 INTEGER Int_samp(1:1000) BUFFER!Integer-Array für Puffer deklarieren
60 ALLOCATE REAL Wave_form(1:Num_samples)!Array für sortierte Messwerte
65                           !deklarieren
70 DATA ALLOCATE REAL Samp(1:Num_samples)!Array für Messwerte deklarieren
80 ASSIGN @Dvm TO 722         !Multimeteradresse zuweisen
90 ASSIGN @Int_samp TO BUFFER Int_samp(*)!Puffer-I/O-Pfadname zuweisen
100 OUTPUT @Dvm;"PRESET FAST;LEVEL;SLOPE;SSRC LEVEL;SSDC 10"
101 !"High-Speed"-Modus, Triggerfreigabeereignis SYN, "Sync Source"-Modus
102 !Ereignis LEVEL 0 V, positive Flanke (Standardwerte)
105 !"Sub-Sampling" (SINT-Ausgabeformat), Bereich 10 V
110 OUTPUT @Dvm;"SWEEP ";Eff_int,Num_samples
115 !Effektives Abtastintervall 2 µs, 1000 Messungen
120 TRANSFER @Dvm TO @Int_samp;WAIT!SYN-Ereignis, Messwerte übertragen in
121 !Integer-Array; da das Integer-Format des Computers exakt dem

```

```

122 !SINT-Format entspricht, ist keine Datenkonvertierung notwendig (es ist
125 !ein Integer-Array erforderlich)
130 OUTPUT @Dvm;"ISCALE?"           !Skalierungsfaktor für SINT-Format
135                                         !abfragen
140 ENTER @Dvm; S                   !Skalierungsfaktor einlesen
150 OUTPUT @Dvm;"SSPARM?"          !"Sub-Sampling"-Parameter abfragen
160 ENTER @Dvm;N1,N2,N3            !"Sub-Sampling"-Parameter einlesen
170 FOR I=1 TO Num_samples
180 Samp(I)=Int_samp(I)           !Jeweils einen Integer-Messwert in das
181 !Real-Format umwandeln (ist zur Verhinderung eines etwaigen Integer-
185 !Überlaufs in der nächsten Zeile erforderlich)
190 R=ABS(Samp(I))                !Anhand des absoluten Wertes auf
195                                         !Bereichsüberschreitung überprüfen
200 IF R>=32767 THEN PRINT "OVLD" !Falls Bereichsüberschreitung, Meldung
205                                         !anzeigen
210 Samp(I)=Samp(I)*S            !Messwert mit Skalierungsfaktor multi-
215                                         !plizieren
220 Samp(I)=DROUND(Samp(I),4)    !Auf vier Stellen runden
230 NEXT I
235 !----- Messwerte sortieren -----
240 Inc=N1+N2                      !Gesamtzahl der Bursts
250 K=1
260 FOR I=1 TO N1
270 L=1
280 FOR J=1 TO N3
290 Wave_form(L)=Samp(K)
300 K=K+1
310 L=L+Inc
320 NEXT J
330 NEXT I
340 FOR I=N1+1 TO N1+N2
350 L=I
360 FOR J=1 TO N3-1
370 Wave_form(L)=Samp(K)
380 K=K+ 1
390 L=L+Inc

```

```

400 NEXT J
410 NEXT I
420 END

```

Das folgende Programm zeigt ein Beispiel für eine synchrone AC-Messung mit "Sync Source"-Ereignis EXT. Nach dem Eintreten des Triggerereignisses (die Triggerfreigabe- und Abtastereignisse sind beide AUTO) startet die erste negative TTL-Flanke des Signals am Ext Trig-Anschluss den ersten Burst. Jeder nachfolgende Externtrigger löst dann so lange einen weiteren Burst aus, bis die nötige Anzahl von Bursts erfasst ist.

```

10 OUTPUT 722;"PRESET NORM"      !Triggerfreigabeereignis AUTO, Trigger-
15                                !ereignis SYN, Einzelmessung, AUTO
20 OUTPUT 722;"ACV 10"           !Messfunktion ACV, Bereich 10 V
30 OUTPUT 722;"SETACV SYNC"     !Synchrones Messverfahren
40 OUTPUT 722;"SSRC EXT"        !"Sync Source"-Ereignis EXTERNAL
50 ENTER 722;A                  !Messung triggern (TRIG SYN), Messwert
55                                !einlesen
60 PRINT A                       !Messwert ausdrucken
70 END

```

## SSTATE

**"Store State".** Dieser Befehl speichert den aktuellen Zustand des Multimeters unter dem spezifizierten Namen ab. Mit dem Befehl RSTATE können Sie gespeicherte Zustände wieder abrufen.

### Syntax

SSTATE Name

Name

Der Name, unter dem der Zustand abgespeichert werden soll. Ein Zustandsname kann bis zu zehn Zeichen enthalten. Der Name kann aus Buchstaben oder aus Buchstaben und Ziffern bestehen, oder eine ganze Zahl im Bereich von 0 bis 127 sein. Bei alphanumerischen Namen muss das erste Zeichen ein Buchstabe sein. Multimeterbefehle, Befehlsparameter sowie Namen gespeicherter Gerätezustände dürfen nicht als Zustandsnamen verwendet werden. Die Sonderzeichen \_ und ? sind sowohl in alphabetischen als auch alphanumerischen Namen zulässig.

Wenn Sie eine ganze Zahl (0 bis 127) als Zustandsnamen spezifizieren, fügt das Multimeter beim Abspeichern des Zustands automatisch den Präfix *STATE* hinzu. Dadurch ist es möglich, einen ganzzahligen Zustandsnamen von einem ganzzahligen Unterprogrammnamen zu unterscheiden. Beispiel: Ein Zustand mit dem spezifizierten Namen *STATE8* 8 wird als *STATE8* abgespeichert. Dieser Zustand kann später unter dem Namen 8 oder *STATE8* abgerufen werden. Bei Ausschalten des Multimeters wird dessen aktueller Zustand als Zustand 0 abgespeichert (siehe erste der nachfolgenden Anmerkungen weiter unten).

Einschaltzustand-Wert *Name* = (nicht verfügbar).

Standardwert *Name* = (nicht verfügbar); explizite Wertangabe erforderlich.

### Anmerkungen

- Beim Ausschalten des Multimeters oder bei einem Netzspannungsausfall wird dessen aktueller Zustand automatisch als Zustand 0 abgespeichert. Mit dem Befehl *RSTATE* 0 können Sie diesen Zustand wiederherstellen.
- Alle Zustände werden nichtflüchtig gespeichert (d. h. sie gehen beim Ausschalten des Gerätes nicht verloren).
- Unterprogramme, der Inhalt des Messwertspeicher, Tastendefinitionen für benutzerdefinierbare Tasten und der Frontplatten-Menü-Modus werden nicht mit abgespeichert. Die Inhalte der folgenden Math-Register werden beim Abspeichern eines Zustands mit abgespeichert (alle übrigen Math-Register werden auf 0 gesetzt):

|        |       |
|--------|-------|
| DEGREE | REF   |
| LOWER  | RES   |
| OFFSET | SCALE |
| PERC   | UPPER |

- Der Zustandsspeicher des Multimeters hat eine Kapazität von 14 kByte. Jeder Zustand belegt etwa 300 Byte; es können daher maximal 46 Zustände gespeichert werden. Der Zustand 0 ist für den "Ausschalt-Zustand" (Zustand unmittelbar vor dem Ausschalten des Gerätes) reserviert. Das Zustandsregister 0 kann auch zum Speichern anderer Zustände benutzt werden, wird jedoch beim Ausschalten des Gerätes überschrieben.

- Sie können sich die Namen aller gespeicherten Zustände im Display anschauen, indem Sie die Recall State-Taste und dann wiederholt die Pfeil-oben- oder Pfeil-unten-Taste drücken. Wenn Sie den gewünschten Zustand gefunden haben, können Sie diesen durch Drücken der Enter-Taste abrufen.
- **Verwandte Befehle:** MSIZE, PURGE, RSTATE, SCRATCH

### Beispiel

OUTPUT 722; "SSTATE B2"      !Der aktuelle Zustand wird unter dem Namen  
!B2 abgespeichert

STB?

**"Status Byte"-Abfrage.** Das Statusregister besteht aus sieben Bits, die diverse Betriebsbedingungen des Multimeters überwachen. Wenn eine dieser Betriebsbedingungen eintritt, wird das betreffende Statusregisterbit gesetzt. Der Abfragebefehl STB? (Status Byte?) liefert einen Wert zurück, welcher der gewichteten Summe (im Dezimalformat) aller gesetzten Bits entspricht.

### Syntax

STB?

### Statusregister-Bedingungen

Die nachfolgende Tabelle zeigt die durch das Statusregister repräsentierten Betriebsbedingungen und deren dezimalen Gewichte.

| Dezimales Gewicht | Bit-Nummer | Statusregister-Bedingung   |
|-------------------|------------|--|
| 1                 | 0          | Unterprogrammausführung beendet.                                 |
| 2                 | 1          | HI- oder LO-Grenzwert über- bzw. unterschritten.                 |
| 4                 | 2          | SRQ-Befehl ausgeführt.   |
| 8                 | 3          | Gerät wurde eingeschaltet.                                       |
| 16                | 4          | Bereit für Befehle.  |
| 32                | 5          | Fehler (Ursache aus dem Inhalt des Fehlerregisters ersichtlich). |

| Dezimales Gewicht | Bit-Nummer | Statusregister-Bedingung   |
|-------------------|------------|--|
| 64                | 6          | SRQ-Meldung wurde gesendet (dieses Bit kann nicht deaktiviert werden). |
| 128               | 7          | Daten verfügbar.   |

### Anmerkungen

- Nach dem Befehl STB? ist das Bit 4 (Bereit für Befehle) stets 0 (= nicht bereit), weil das Multimeter mit der Ausführung des Befehls STB? beschäftigt ist.
- Der Befehl CSB setzt das Statusregister zurück; allerdings werden die Bits 4, 5 und 6 nicht zurückgesetzt, falls die ihnen zugeordnete(n) Bedingung(en) weiterhin besteht (bestehen). Mit dem Befehl RQS können Sie spezifizieren, welche Statusregister-Bedingungen die SRQ-Leitung der GPIB-Schnittstelle auf TRUE setzen.
- **Verwandte Befehle:** CSB, EXTOUT, RQS, SPOLL (GPIB-Universalbefehl)

### Beispiel

```

10 OUTPUT 722;"STB?"      !Gewichtete Summe aller gesetzten Bits abfragen
20 ENTER 722               !Antwort in die Variable A einlesen
30 PRINT A                 !Antwort anzeigen
40 END

```

Angenommen, das obige Programm liefert den Dezimalwert 24. Das bedeutet, dass die Bits mit den dezimalen Gewichten 8 ("Gerät wurde eingeschaltet") und 16 ("Bereit für Befehle") gesetzt sind.

## SUB

**"Subprogramm"**. Dieser Befehl speichert eine Folge von Befehlen unter dem spezifizierten Namen als Unterprogramm ab.

### Syntax

SUB Name

Name

Der Name, unter dem das Unterprogramm abgespeichert werden soll. Ein Unterprogrammname kann bis zu zehn Zeichen enthalten. Der Name kann aus

Buchstaben oder aus Buchstaben und Ziffern bestehen, oder eine ganze Zahl im Bereich von 0 bis 127 sein. Bei alphanumerischen Namen muss das erste Zeichen ein Buchstabe sein. Multimeterbefehle, Befehlsparameter sowie Namen gespeicherter Gerätezustände dürfen nicht als Unterprogrammnamen verwendet werden. Die Sonderzeichen \_ und ? sind sowohl in alphabetischen als auch alphanumerischen Namen zulässig.

Wenn Sie eine ganze Zahl (0 bis 127) als Unterprogrammname spezifizieren, fügt das Multimeter beim Abspeichern des Zustands automatisch den Präfix *SUB* hinzu. Dadurch ist es möglich, einen ganzzahligen Unterprogrammnamen von einem ganzzahligen Zustandsnamen zu unterscheiden. Beispiel: Ein Unterprogramm mit dem spezifizierten Namen 15 wird als *SUB15* abgespeichert. Dieses Unterprogramm kann später unter dem Namen 15 oder *SUB15* abgerufen werden. Das Unterprogramm mit dem Namen 0 (Null) wird nach dem Einschalten des Gerätes automatisch ausgeführt ("Autostart"-Unterprogramm, siehe siebente Anmerkung weiter unten).

Einschaltzustand-Wert *Name* = (nicht verfügbar).

Standardwert *Name* = (nicht verfügbar); explizite Wertangabe erforderlich.

### Anmerkungen

- Der Befehl *SUBEND* schließt die Unterprogramm-Eingabe ab. Mit dem Befehl *CALL* können Sie ein gespeichertes Unterprogramm aufrufen. Mit den Befehlen *PAUSE* und *CONT* können Sie ein laufendes Unterprogramm unterbrechen bzw. fortsetzen.
- Wenn Sie ein neues Unterprogramm unter dem Namen eines bereits existierenden Unterprogramms abspeichern, wird das alte Unterprogramm überschrieben.
- Es wird davon abgeraten, ein Unterprogramm über die Tastatur einzuspeichern, weil dabei Hilfsfunktionen (wie z. B. die Pfeil-oben- oder Pfeil-unten-Taste) versehentlich zum Bestandteil des Unterprogramms werden können. Wenn Sie den Befehl *SUB* über die Tastatur eingeben, wird im Display so lange *SUB ENTRY MODE* angezeigt, bis der Befehl *SUBEND* eingegeben oder die *RESET*-Taste gedrückt wird. Der Befehl *SUBEND* ist nur während der Eingabe eines Unterprogramms im Befehlsmenü verfügbar.

- Wenn in einem Unterprogramm der Befehl SCRATCH, DELSUB, ein weiterer SUB-Befehl oder der GPIB-Universalbefehl DEVICE CLEAR vorkommt, speichert das Multimeter nicht diesen Befehl, sondern den Rest des Unterprogramms. Der Befehl RESET bricht die Unterprogramm-Ausführung ab und sollte deshalb nicht in Unterprogrammen verwendet werden.
- Es ist nicht möglich, ein Unterprogramm abzuspeichern, wenn die freie Kapazität des Unterprogramm-/Zustandsspeichers weniger als 800 Byte beträgt.
- Die Unterprogramm-Ausführung wird abgebrochen, wenn ein Fehler auftritt oder das Multimeter den GPIB-Universalbefehl DEVICE CLEAR empfängt. Der GPIB-Universalbefehl DEVICE CLEAR unterbricht auch die Einspeicherung eines Unterprogramms.
- Wenn innerhalb eines Unterprogramms Messungen ausgeführt werden sollen, müssen Sie hierzu den Befehl TARM SGL oder TRIG SGL verwenden. Wenn das Multimeter bei Unterprogramm-Ausführung auf einen dieser Befehle trifft, führt es den darauffolgenden Befehl erst nach Abschluss aller spezifizierten Messungen aus. (Das bedeutet, dass alle erforderlichen Konfigurationsbefehle und sonstigen Triggerbefehle vor dem Befehl TARM SGL oder TRIG SGL erscheinen müssen.) Andere Triggerfreigabe- oder Triggerbefehle (außer TARM EXT, siehe nächste Anmerkung) werden in einem Unterprogramm zwar ausgeführt, die Messungen werden jedoch erst nach der Beendigung des Unterprogramms ausgeführt.
- Wenn das Multimeter bei der Unterprogramm-Ausführung auf den Befehl TARM EXT trifft, wartet es auf ein Extern-Trigger-Signal am Ext Trig-Anschluss, bevor es die nächste Unterprogrammzeile ausführt. Auf diese Weise können Sie die Unterprogramm-Ausführung mit externen Geräten synchronisieren.
- Falls ein Unterprogramm mit dem Namen *O* existiert, wird es nach dem Einschalten des Multimeters automatisch ausgeführt, sobald die Einschalt-Sequenz abgeschlossen ist. Ein solches "Autoexec"-Unterprogramm kann beispielsweise dazu benutzt werden, das Multimeter automatisch in den Zustand (RSTATE 0) zu bringen, in dem es sich vor einem Netzsprungausfall zuletzt befand.
- Unterprogramme werden nichtflüchtig gespeichert (d. h. sie gehen beim Ausschalten des Gerätes nicht verloren). Wenn Sie ein Unterprogramm jedoch komprimieren (Befehl COMPRESS), wird es aus dem nichtflüchtigen Speicher entfernt und geht beim Ausschalten des Gerätes verloren.

- **Verwandte Befehle:** CALL, COMPRESS, CONT, DELSUB, PAUSE, SCRATCH, SUBEND

## Beispiele

```

10 OPTION BASE 1           !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 DIM RDGS(5)            !Dimensionierung eines Arrays für 5 Mess-
25                           !werte
30 OUTPUT 722;"SUB DCCUR2" !Die folgenden Zeilen werden unter dem Namen
35                           !DCCUR2 als Unterprogramm abgespeichert
40 OUTPUT 722;"PRESET NORM" !Preset
50 OUTPUT 722;"MEM FIFO"   !Messwertspeicher aktivieren, FIFO-Modus
60 OUTPUT 722;"DCV, 10, .01" !Messfunktion DCV, Bereich 10 V, Auflösung
65                           !0,01%
70 OUTPUT 722; "NRDGS,5,AUTO" !5 Messwerte pro Trigger, Ereignis AUTO
80 OUTPUT 722;"TRIG SGL"     !Einzeltriggerung
90 OUTPUT 722; "SUBEND"      !Ende der Unterprogramm-Einspeicherung
100 OUTPUT 722;"DISP MSG 'CALLING SUBPROGRAM'"
110 OUTPUT 722; "CALL DCCUR2"
120 ENTER 722;Rdgs(*)
130 PRINT Rdgs(*)
140 END

```

Wenn das folgende Unterprogramm aufgerufen wird (CALL EXTPACE), führt das Multimeter eine Zeile nach der anderen aus, bis es auf den Befehl TARM EXT (Zeile 70) trifft. Danach wartet es auf einen Extern-Trigger. Auf diese Weise können Sie die Unterprogramm-Ausführung mit einem externen Ereignis synchronisieren. Nach Empfang des ersten Extern-Triggers wird die Unterprogramm-Ausführung fortgesetzt. Nach Ausführung des Befehls TRIG SGL in der darauffolgenden Zeile wird die Unterprogramm-Ausführung so lange unterbrochen, bis 1000 Messwerte erfasst wurden. Danach wird das Multimeter für 100 Zwei-Draht-Widerstandsmessungen konfiguriert. Nach dem zweiten TARM EXT-Befehl (Zeile 100) wird die Unterprogramm-Ausführung bis zum nächsten Triggerereignis unterbrochen. Danach trifft das Unterprogramm auf den Befehl TRIG SGL, der die Unterprogramm-Ausführung unterbricht, bis 100 Messungen ausgeführt wurden. Nach Abschluss der Messungen wird die Meldung Messungen beendet angezeigt.

```

10 OUTPUT 722; "SUB EXTPACE"      !Die Zeilen 20 bis 110 werden als Unter-
15                                     !programm gespeichert
20 OUTPUT 722; "PRESET NORM"       !Preset, kontinuierliche Messfolge
25                                     !unterbrechen
30 OUTPUT 722; "MEM FIFO"         !Messwertspeicher aktivieren, FIFO-Modus
40 OUTPUT 722; "DCV 10"           !Messfunktion DCV, Bereich 10 V
50 OUTPUT 722; "NRDGS 1000, AUTO" !1000 Messungen pro Trigger, Abtast-
55                                     !ereignis AUTO
60 OUTPUT 722; "TARM EXT"         !Triggerfreigabeereignis EXTERNAL
70 OUTPUT 722; "TRIG SGL"          !Triggerereignis SINGLE
80 OUTPUT 722; "OHM 1E3"          !2-Draht-Widerstandsmessung, Bereich
85                                     !1 kΩ
90 OUTPUT 722; "NRDGS 100, AUTO"   !100 Messungen pro Trigger, Abtast-
95                                     !ereignis AUTO
100 OUTPUT 722;"TARM EXT"         !Triggerfreigabeereignis EXTERNAL
110 OUTPUT 722;"TRIG SGL"          !Triggerereignis SINGLE
120 OUTPUT 722;"DISP MSG, 'Messungen beendet'"!Benutzerhinweis
130 OUTPUT 722;"SUBEND"
140 END

```

## SUBEND

**"Subprogram End"**. Dieser Befehl kennzeichnet das Ende eines Unterprogramms.

### Syntax

SUBEND

### Anmerkungen

- Beim Einspeichern eines Unterprogramms signalisiert der Befehl SUBEND das Ende des Unterprogramms. Nach der Ausführung eines Unterprogramms setzt der Befehl SUBEND das Statusregisterbit Bit 1 ("Unterprogramm-Ausführung beendet"), sofern dieses Bit nicht maskiert ist.
- **Verwandte Befehle:** CALL, COMPRESS, CONT, DELSUB, PAUSE, SCRATCH, SUB

## Beispiel

Siehe Beschreibung des Befehls SUB auf der vorigen Seite.

## SWEEP

Der Befehl SWEEP spezifiziert das *effektive\_Abtastintervall* (d. h. das Zeitintervall zwischen je zwei Messungen) sowie die Gesamtzahl der auszuführenden Messungen pro Triggerereignis (bzw. bei "Sub-Sampling"-Messungen die Gesamtzahl der auszuführenden Messungen pro Triggerfreigabeereignis).

### Syntax

`SWEEP [effektives_Abtastintervall] [,Anzahl_Messungen]`

*effektives\_Abtastintervall*

Bei "Sub-Sampling"-Messungen (SSAC oder SSDC) spezifiziert dieser Parameter die Zeitabstände der Abtastwerte in dem rekonstruierten Signal (Einzelheiten siehe [Kapitel 5](#)). Bei allen übrigen Messfunktionen spezifiziert dieser Parameter das tatsächliche Zeitintervall zwischen je zwei Messungen. Der Wertebereich dieses Parameters beträgt für "Sub-Sampling"-Messungen 10E-9 bis 6000 s (Schrittweite 10 ns); für alle übrigen Messfunktionen ist der kleinste zulässige Wert gleich dem Kehrwert der maximalen Messrate und der größte zulässige Wert 6000 s (Schrittweite 100 ns).

Einschaltzustand-Wert *effektives\_Abtastintervall* = 100E-9

Standardwert *effektives\_Abtastintervall* = 20 µs

*Anzahl\_Messungen*

Dieser Parameter spezifiziert die Anzahl des auszuführenden Messungen. Der gültige Wertebereich beträgt 1 bis 1.67E+7.

Einschaltzustand-Wert *Anzahl\_Messungen* = 1024

Standardwert *Anzahl\_Messungen* = 1024

### Anmerkungen

- Das kleinstmögliche effektive Abtastintervall beträgt 10 µs für DCV-Messungen, 20 µs für "Direct-Sampling"-Messungen bzw. 10 ns für "Sub-Sampling"-Messungen.
- Der Befehl SWEEP kann anstelle der Befehle NRDGS *n*,TIMER und TIMER verwendet werden. Die Befehle SWEEP und NRDGS sind untereinander

austauschbar; das Multimeter verwendet die Werte, die mit dem zuletzt ausgeführten Befehl spezifiziert wurden. Bei Ausführung des Befehls SWEEP wird das Abtastereignis automatisch zu TIMER. Im Einschalt-, RESET und PRESET-Zustand verwendet das Multimeter den Befehl NRDGS. Da NRDGS auf "Sub-Sampling"-Messungen nicht anwendbar ist, kann im Einschalt-Zustand für solche Messungen nur der Befehl SWEEP verwendet werden.

- Die Ereignisse SWEEP und TIMER sind nicht anwendbar auf folgende Messfunktionen: ACV oder AC+DCV nach dem "Synchronous-Sampling"- oder "Random-Sampling"-Verfahren (SETACV SYNC bzw. RNDM); Frequenz; Periode.
- Bei Verwendung des Befehls SWEEP (oder des TIMER-Ereignisses) wird die "Autorange"-Funktion vorübergehend deaktiviert (für Messungen im SWEEP-Modus sollten Sie einen festen Bereich wählen).
- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl SWEEP? liefert zwei durch Kommas getrennte Werte zurück. Der erste Wert ist das spezifizierte effektive\_Abtastintervall. Der zweite Wert gibt die spezifizierte Anzahl\_Messungen an. Weitere Informationen hierzu siehe unter "[Abfragebefehle](#)" am Anfang dieses Kapitels.
- **Verwandte Befehle:** FUNC, NRDGS, TIMER

### Beispiel

In dem folgenden Beispiel wird der Befehl SSAC zur Digitalisierung eines 10 kHz-Signals mit einer Spitzenspannung von 5 V verwendet. Der Befehl SWEEP veranlasst das Multimeter dazu, 1000 Messungen (Variable "Num\_samples") mit einem effektiven\_Abtastintervall von 2 µs (Variable "Eff\_int") auszuführen. Für diese Messung werden die Standard-Pegeltrigger-Parameter für das "Sync Source"-Ereignis verwendet (Triggerung auf Nulldurchgang des Eingangssignals, AC-Kopplung, positive Flanke).

Zeile 120 generiert ein SYN-Ereignis und veranlasst eine direkte Messwertübertragung zum Steuercomputer. In den Zeilen 240 bis 410 werden die "Sub-Sampling"-Messwerte in der richtigen Reihenfolge zusammengesetzt. Der Datensatz für das zusammengesetzte Signal wird in dem Array "Wave\_form" abgelegt.

```

10 OPTION BASE 1           !Array-Indizierung beginnt mit 1
20 INTEGER Num_samples,Inc,I,J,K,L!Variablen deklarieren
30 Num_samples=1000         !Anzahl der Messungen spezifizieren
40 Eff_int=2.0E-6          !Effektives Abtastintervall spezifi-
45                         !zieren
50 INTEGER Int_samp(1:1000) BUFFER!Integer-Array für Puffer deklarieren
60 ALLOCATE REAL Wave_form(1:Num_samples)!Array für sortierte Messwerte
55                         !deklarieren
70 ALLOCATE REAL Samp(1:Num_samples)!Array für Messwerte deklarieren
80 ASSIGN @Dvm TO 722        !Multimeteradresse zuweisen
90 ASSIGN @Int_samp TO BUFFER Int_samp(*)!Puffer-I/O-Pfadname zuweisen
100 OUTPUT @Dvm;"PRESET FAST;LEVEL;SLOPE;SSRC LEVEL;SSDC 10"
101 !"High-Speed"-Modus, Triggerfreigabeereignis SYN, "Sync Source"-Ereignis LEVEL 0 V, positive Flanke
105 !(Standardwerte) "Sub-Sampling" (SINT-Ausgabeformat), Bereich 10 V
110 OUTPUT @Dvm;"SWEEP ";Eff_int,Num_samples
115 !Effektives Abtastintervall 2 µs, 1000 Messungen
120 TRANSFER @Dvm TO @Int_samp;WAIT!SYN-Ereignis, Messwerte übertragen in
121 !Integer-Array; da das Integer-Format des Computers exakt dem
122 !SINT-Format entspricht, ist keine Datenkonvertierung notwendig (es ist
125 !ein Integer-Array erforderlich)
130 OUTPUT @Dvm;"ISCALE?"      !Skalierungsfaktor für SINT-Format
135                         !abfragen
140 ENTER @Dvm; S            !Skalierungsfaktor einlesen
150 OUTPUT @Dvm;"SSPARM?"    !"Sub-Sampling"-Parameter abfragen
160 ENTER @Dvm;N1,N2,N3       !"Sub-Sampling"-Parameter einlesen
170 FOR I=1 TO Num_samples
180 Samp(I)=Int_samp(I)       !Jeweils einen Integer-Messwert in das
181 !Real-Format umwandeln (ist zur Verhinderung eines etwaigen Integer-
185 !Überlaufs in der nächsten Zeile erforderlich)
190 R=ABS(Samp(I))          !Anhand des absoluten Wertes auf
195                         !Bereichsüberschreitung überprüfen
200 IF R>=32767 THEN PRINT "OVLD" !Falls Bereichsüberschreitung, Meldung
205                         !anzeigen
210 Samp(I)=Samp(I)*S        !Messwert mit Skalierungsfaktor multi-
215                         !plizieren

```

```
220 Samp(I)=DROUND(Samp(I),4)      !Auf vier Stellen runden
230 NEXT I
235 !----- Messwerte sortieren -----
240 Inc=N1+N2                      !Gesamtzahl der Bursts
250 K=1
260 FOR I=1 TO N1
270 L=1
280 FOR J=1 TO N3
290 Wave_form(L)=Samp(K)
300 K=K+1
310 L=L+Inc
320 NEXT J
330 NEXT I
340 FOR I=N1+1 TO N1+N2
350 L=I
360 FOR J=1 TO N3-1
370 Wave_form(L)=Samp(K)
380 K=K+1
390 L=L+Inc
400 NEXT J
410 NEXT I
420 END
```

T

T ist eine Abkürzung für den Befehl TRIG.

### Syntax

T [*Ereignis*]

Weitere Informationen hierzu siehe Beschreibung des Befehls [TRIG](#).

## TARM

**"Trigger arm"**. Dieser Befehl spezifiziert das Ereignis, welches das Triggerereignis (Befehl TRIG) freigibt. Sie können diesen Befehl auch zum Auslösen von Mehrfachmessungen verwenden.

### Syntax

TARM [*Ereignis*][,*Anzahl\_Triggerfreigaben*]

#### *Ereignis*

Für den Parameter *Ereignis* stehen folgende Werte zur Auswahl:

| <i>Ereignis</i> | Numer.<br>Abfrage-<br>Äquivalent | Beschreibung   |
|-----------------|----------------------------------|--|
| AUTO            | 1                                | Die Triggerung ist immer freigegeben.  |
| EXT             | 2                                | Die Triggerfreigabe erfolgt durch eine negative TTL-Flanke am "Ext Trig"-Anschluss. (Der Befehl TARM EXT löscht den Triggerpuffer, falls dieser aktiv – TBUFF ON – ist). |
| SGL             | 3                                | Der Befehl TARM SGL bewirkt eine einmalige Triggerfreigabe; danach ist das Triggerfreigabeereignis HOLD.   |
| HOLD            | 4                                | Die Triggerung ist deaktiviert.  |
| SYN             | 5                                | Dieses Ereignis tritt ein, wenn der Steuercomputer Daten anfordert, während der Ausgangspuffer des Multimeters leer und der Messwertspeicher deaktiviert oder leer ist.  |

Einschaltzustand-Wert *Ereignis* = AUTO.

Standardwert *Ereignis* = AUTO.

### Anzahl\_Triggerfreigaben

Der Parameter *Anzahl\_Triggerfreigaben* gilt nur für das Triggerfreigabeereignis SGL; in diesem Fall beträgt der gültige Bereich 0 bis 2.1E+9. Wenn in Verbindung mit dem Ereignis SGL für *Anzahl\_Triggerfreigaben* der Wert 0 oder 1 spezifiziert wird, hat dies die gleiche Wirkung wie der Standardwert (1): die Triggerung wird einmalig freigegeben, danach ist das Triggerfreigabe HOLD (Triggerung deaktiviert). Wenn für *Anzahl\_Triggerfreigaben* ein Wert größer als 1 spezifiziert wird, so wird dadurch die Triggerung mehrfach freigegeben. Bei Mehrfachtriggerfreigabe generiert das Multimeter automatisch die mit *Anzahl\_Triggerfreigaben* spezifizierte Anzahl von Einzeltriggerfreigaben. Weitere Informationen hierzu siehe unter "Mehrfachtriggerfreigabe" bei den nachfolgenden Anmerkungen.

Einschaltzustand-Wert *Anzahl\_Triggerfreigaben* = 1 (Mehrfachtriggerfreigabe deaktiviert)

Standardwert *Anzahl\_Triggerfreigaben* = 1 (Mehrfachtriggerfreigabe deaktiviert)

### Anmerkungen

- Bei allen Messfunktionen außer "Sub-Sampling" (siehe [Kapitel 5](#)) wirkt das Triggerfreigabeereignis zusammen mit dem Triggerereignis (Befehl TRIG) und dem Abtastereignis (Befehl NRDGS oder SWEEP). Damit eine Messung ausgeführt wird, muss zuerst das Triggerfreigabeereignis eintreten, dann das Triggerereignis und schließlich das Abtastereignis.
- Das Triggerfreigabeereignis führt nicht notwendigerweise zur Triggerung des Multimeters. Es gibt lediglich das Triggerereignis frei, d. h. es versetzt das Multimeter in die Lage, auf das Triggerereignis zu reagieren. Ausführliche Informationen über das Zusammenwirken der verschiedenen Ereignisse finden Sie unter "[Triggerung von Messungen](#)" in [Kapitel 4](#).
- Mehrfachtriggerfreigabe: Für Mehrfachtriggerfreigabe müssen Sie SGL als Triggerfreigabeereignis spezifizieren. Wenn das Multimeter einen TARM-Befehl ausführt, der Mehrfachtriggerfreigabe spezifiziert, blockiert es den GPIB so lange, bis die spezifizierte Anzahl von Messzyklen ausgeführt wurde. Wenn Sie beispielsweise für *Anzahl\_Triggerfreigaben* den Wert 5 und (mit dem Befehl NRDGS) 10 Messungen pro Zyklus spezifizieren, führt das Multimeter 5 Messzyklen mit jeweils 10 Messungen aus. Da es den Bus blockiert, muss der Befehl TARM in der letzten Programmzeile stehen, und weder das Triggerereignis noch das Abtastereignis darf SYN sein.

- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl TARM? liefert die spezifizierte Anzahl von Triggerfreigabeereignissen zurück. Weitere Informationen hierzu siehe unter "[Abfragebefehle](#)" am Anfang dieses Kapitels.
- **Verwandte Befehle:** NRDGS, SWEEP, TRIG

### Beispiele

```
OUTPUT 722; "TARM AUTO, 0"      !Automatische Triggerfreigabe (Triggerung
                                  !immer freigegeben)
```

```
10 OUTPUT 722; "TARM HOLD"      !Die Messungen werden angehalten
20 OUTPUT 722; "OHM"            !2-Draht-Widerstandsmessung
30 OUTPUT 722; "MEM FIFO"       !Messwertspeicher aktivieren, FIFO-Modus
40 OUTPUT 722; "NRDGS 5"        !5 Messwerte pro Abtastereignis AUTO
50 OUTPUT 722; "TARM SGL"       !Freigabe eines einzelnen Messzyklus
60 END
```

```
10 OUTPUT 722; "DCV"           !Messfunktion DCV
20 OUTPUT 722; "TARM HOLD"      !Die Messungen werden angehalten
30 OUTPUT 722; "TRIG AUTO"      !Triggerereignis AUTO
40 OUTPUT 722; "MEM FIFO"       !Messwertspeicher aktivieren, FIFO-Modus
50 OUTPUT 722; "NRDGS 3, AUTO"  !3 Messwerte pro Abtastereignis AUTO
60 OUTPUT 722; "TARM SGL,5"     !Mehrfachtriggerfreigabe für 5 Zyklen
70 END
```

Die Zeile 60 des obigen Programms bewirkt eine fünfmalige Einzeltriggerfreigabe (jeweils für einen Messzyklus). Nach dem fünften Messzyklus wird das Triggerfreigabeereignis automatisch wieder zu HOLD. Nach Ausführung dieses Programms befinden sich 15 Messwerte (3 Messwerte pro Triggerereignis, 5 Triggerereignisse) im Messwertspeicher.

Falls der Eingangspuffer deaktiviert ist, blockiert der Befehl TARM in Zeile 60 den GPIB bis zum Abschluss aller Messzyklen. Wenn Sie sofort wieder die Kontrolle über den Bus zurück erhalten möchten, müssen Sie die "cr lf"-Codes nach dem Befehl TARM unterdrücken, indem Sie Zeile 60 folgendermaßen abändern:

```
60 OUTPUT 722 USING "#,K"TARM SGL, 5;"
```

In der obigen Zeile unterdrückt der Formatspezifizierer # die cr lf-Codes. Der Formatspezifizierer K unterdrückt etwaige führende oder nachgestellte Leerzeichen. Beachten Sie den Strichpunkt nach TARM SGL,5. Der Strichpunkt signalisiert dem Multimeter das Ende des Befehls und ist obligatorisch, falls die cr lf-Codes unterdrückt werden.

## TBUFF

**"Trigger Buffer"**. Dieser Befehl aktiviert oder deaktiviert den Externtriggerpuffer des Multimeters.

### Syntax

TBUFF [Modus]

*Modus*

Für den Parameter *Modus* stehen folgende Werte zur Auswahl:

| <b>Modus</b> | <b>Numer.<br/>Abfrage-<br/>Äquivalent</b> | <b>Beschreibung</b>  |
|--------------|---|--|
| OFF          | 0   | Dieser Parameter deaktiviert den Triggerpuffer. (Bei deaktiviertem Triggerpuffer kann der Fehler TRIGGER TOO FAST auftreten).              |
| ON           | 1   | Dieser Parameter aktiviert und löscht den Triggerpuffer. (Bei aktiviertem Triggerpuffer kann der Fehler TRIGGER TOO FAST nicht auftreten). |

Einschaltzustand-Wert *Modus*= OFF.

Standardwert *Modus* = OFF.

### Anmerkungen

- Durch Trigger-Pufferung (Befehl TBUFF ON) können Sie den Fehler TRIGGER TOO FAST verhindern, der auftreten kann, wenn Sie EXT als Triggerfreigabe-, Trigger- oder Abtastereignis spezifizieren. Bei deaktiviertem Triggerpuffer (TBUFF OFF) verursachen etwaige externe Trigger, die während einer laufenden Messung empfangen werden, den Fehler TRIGGER TOO FAST (zu schnelle Triggerung), und werden ignoriert. Bei aktiviertem Triggerpuffer (Befehl TBUFF ON) wird der erste Externtrigger, der während einer laufenden

Messung empfangen wird, gespeichert, und weder dieser noch nachfolgende Trigger verursachen eine Fehlermeldung. Nach Abschluss der Messung zählt der gespeicherte Trigger als EXT-Ereignis, falls das Multimeter entsprechend programmiert ist.

- Der Befehl RESET deaktiviert den Triggerpuffer (TBUFF OFF).
- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl TBUFF? liefert den aktuellen Triggerpuffer-Modus zurück. Weitere Informationen hierzu siehe unter "[Abfragebefehle](#)" am Anfang dieses Kapitels.
- **Verwandte Befehle:** EXTOUT, NRDGS, TRIG

### Beispiel

```
OUTPUT 722; "TBUFF ON" !Triggerpuffer aktivieren (verhindert den Fehler TRIGGER TOO FAST)
```

TEMP?

**"Temperature"-Abfrage.** Dieser Abfragebefehl liefert die Innentemperatur des Multimeters in Grad Celsius zurück.

### Syntax

TEMP?

### Anmerkungen

- Die Überwachung der Innentemperatur des Multimeters hilft dabei, herauszufinden, wann eine Autokalibrierung erforderlich ist.
- **Verwandte Befehle:** ACAL, CAL, CALSTR

### Beispiel

```
10 OUTPUT 722; "TEMP?"      !Temperatur abfragen
20 ENTER 722; A            !Ergebnis einlesen
30 PRINT A                 !Ergebnis anzeigen
40 END
```

## TERM

Bei früheren Multimetermodellen diente der Befehl TERM dazu, die Eingangsanschlüsse des Multimeters intern mit der Messschaltung zu verbinden oder von dieser zu trennen. Der Befehl TERM wird vom 3458 zwar akzeptiert; er ist jedoch wirkungslos, weil bei diesem Modell die Eingangsanschlüsse nicht über den GPIB konfiguriert werden können.

### Syntax

TERM [*Quelle*]

*Quelle*

Für den Parameter *Quelle* stehen folgende Werte zur Auswahl:

| <i>Quelle</i> | Numer.<br>Abfrage-<br>Äquivalent | Beschreibung   |
|---------------|----------------------------------|--|
| OPEN          | 0                                | Verursacht eine Fehlermeldung.   |
| FRONT         | 1                                | Verursacht eine Fehlermeldung, falls der Schalter Terminals auf Rear eingestellt ist.  |
| REAR          | 2                                | Verursacht eine Fehlermeldung, falls der Schalter Terminals auf Front eingestellt ist. |

Einschaltzustand-Wert *Quelle* = (nicht verfügbar).

Standardwert *Quelle* = FRONT.

### Anmerkungen

- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl TERM? liefert einen Wert zurück, der angibt, welche Eingangsanschlüsse (FRONT oder REAR) mit dem Frontplattenschalter Terminals gewählt wurden.

## TEST

Dieser Befehl veranlasst das Multimeter dazu, eine Reihe interner Selbsttests auszuführen.

### Syntax

TEST

### Anmerkungen

- Trennen Sie stets alle Eingangssignale ab, bevor Sie den Selbsttest starten. Falls während des Selbsttests ein Eingangssignal vorhanden ist, kann dies einen Selbsttestfehler verursachen.
- Im Falle eines Hardware-Fehlers wird das Bit 0 des Fehlerregisters gesetzt; zusätzlich wird das dem jeweiligen Fehler zugeordnete Bit im Hilfs-Fehlerregister gesetzt. Wenn ein Fehlerregisterbit gesetzt ist, leuchtet die ERR-Anzeige. Mit dem Befehl ERRSTR? können Sie beide Fehlerregister abfragen, mit dem ERR? nur das Fehlerregister und mit dem Befehl AUXERR? nur das Hilfs-Fehlerregister.
- **Verwandte Befehle:** AUXERR?, ERR?, ERRSTR?

### Beispiel

```
OUTPUT 722; ."TEST" !Selbsttest ausführen
```

## TIMER

Der Befehl TIMER spezifiziert das Zeitintervall für das Abtastereignis TIMER im Befehl NRDGS. Wenn TIMER als Abtastereignis verwendet wird, wird dieses Zeitintervall zwischen je zwei Messungen eingefügt.

### Syntax

TIMER [Zeit]

*Zeit*

Der minimal zulässige Wert für den Parameter *Zeit* parameter ist gleich dem Kehrwert der maximalen Abtastrate; der maximal zulässige Wert beträgt 6000 s. Die Schrittweite beträgt 100 ns.

Einschaltzustand-Wert *Zeit* = 1 s.

Standardwert *Zeit* = 1 s.

### Anmerkungen

- Bei Verwendung des TIMER-Ereignisses erfolgt die erste Messung stets ohne zuvor eingefügtes Zeitintervall. Mit dem Befehl DELAY können Sie jedoch ein Zeitintervall vor der ersten Messung einfügen.
- Bei Verwendung des TIMER-Ereignisses wird die "Autorange"-Funktion vorübergehend deaktiviert (für Messungen mit TIMER-Ereignis sollten Sie einen festen Bereich wählen). Falls die "Autorange"-Funktion aktiviert war, als das TIMER-Abtastereignis spezifiziert wurde, wird sie automatisch reaktiviert, wenn Sie ein anderes Abtastereignis spezifizieren.
- Die beiden Befehle NRDGS *n*,TIMER und TIMER *n* lassen sich durch den Befehl SWEEP ersetzen. Die Befehle SWEEP und NRDGS sind untereinander austauschbar; das Multimeter verwendet die Werte, die mit dem zuletzt ausgeführten Befehl spezifiziert wurden. Bei Ausführung des Befehls SWEEP wird das Abtastereignis automatisch zu TIMER. Im Einschalt-, RESET und PRESET-Zustand verwendet das Multimeter den Befehl NRDGS. Da NRDGS auf "Sub-Sampling"-Messungen nicht anwendbar ist, kann im Einschalt-Zustand für solche Messungen nur der Befehl SWEEP verwendet werden.
- Das TIMER-Ereignis (und das SWEEP-Ereignis) ist nicht anwendbar auf folgende Messfunktionen: ACV oder AC+DCV nach dem "Synchronous-Sampling"- oder "Random-Sampling"-Verfahren (SETACV SYNC bzw. RNDM); Frequenz; Periode.
- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl TIMER? liefert das aktuelle Zeitintervall (in Sekunden) für das TIMER-Ereignis des Befehls NRDGS zurück.
- **Verwandte Befehle:** DELAY, NRDGS, SWEEP

### Beispiel

|                           |  |
|---------------------------|--|
| 10 OUTPUT 722;"TRIG HOLD" | !Die Messungen werden angehalten         |
| 20 OUTPUT 722;"INBUF ON"  | !Eingangspuffer aktivieren               |
| 30 OUTPUT 722;"DCV 10"    | !Messfunktion DCV, Bereich 10 V          |
| 40 OUTPUT 722;"NPLC .1"   | !Integrationszeit 0.1 PLC                |
| 50 OUTPUT 722;"AZERO OFF" | !"Autozero"-Funktion aus                 |
| 60 OUTPUT 722;"MEM FIFO"  | !Messwertspeicher aktivieren, FIFO-Modus |

```

70 OUTPUT 722;"TIMER 2"      !Timer-Intervall 2 s
80 OUTPUT 722;"NRDGS 10 TIMER" !10 Messwerte pro Abtastereignis (TIMER)
90 OUTPUT 722;"TRIG SGL"      !Einmalige Triggerung
100 END

```

## TONE

Dieser Befehl veranlasst das Multimeter, einen Signalton (Piep) zu erzeugen. Das akustische Signal ertönt einmal, danach kehrt die Signaltonfunktion in den vorigen BEEP-Zustand (OFF oder ON) zurück.

### Syntax

TONE

**Verwandte Befehle:** BEEP

### Beispiel

```
OUTPUT 722; "TONE" ! Akustisches Signal ertönt
```

## TRIG

Dieser Befehl spezifiziert das Triggerereignis.

### Syntax

TRIG [*Ereignis*]

*Ereignis*

Für den Parameter *Ereignis* stehen folgende Werte zur Auswahl:

| <i>Ereignis</i> | Numer.<br>Abfrage-<br>Äquivalent | Beschreibung  |
|-----------------|----------------------------------|---|
| AUTO            | 1                                | Das Multimeter wird automatisch immer dann getriggert, wenn es nicht beschäftigt ist. |
| EXT             | 2                                | Die Triggerung erfolgt durch eine negative TTL-Flanke am "Ext Trig"-Anschluss.        |

| Ereignis             | Numer.<br>Abfrage-<br>Äquivalent | Beschreibung  |
|----------------------|----------------------------------|---|
| SGL                  | 3                                | Der Befehl TRIG SGL bewirkt eine einmalige Triggerung; danach ist das Triggerereignis HOLD.   |
| HOLD                 | 4                                | Es sind keine Messungen möglich.  |
| SYN                  | 5                                | Dieses Ereignis tritt ein, wenn der Steuercomputer Daten anfordert, während der Ausgangspuffer des Multimeters leer und der Messwertspeicher deaktiviert oder leer ist.   |
| LEVEL <sup>[a]</sup> | 7                                | Das Multimeter wird immer dann getriggert, wenn die mit dem Befehl SLOPE spezifizierte Flanke des Eingangssignals den mit dem Befehl LEVEL spezifizierten Pegel erreicht. |
| LINE <sup>[b]</sup>  | 8                                | Die Triggerung erfolgt auf den Nulldurchgang der Netzspannung.  |

[a] Das Triggerereignis LEVEL ist nur auf DCV- und "Direct-Sampling"-Messungen anwendbar.

[b] Das Triggerereignis LINE ist nicht anwendbar auf folgende Messfunktionen: ACV oder AC+DCV nach dem "Random-Sampling"- oder "Synchronous-Sampling"-Messverfahren (SETACV RNDM oder SYNC); Frequenz; Periode.

Einschaltzustand-Wert *Ereignis* = AUTO.

Standardwert *Ereignis* = SGL.

### Anmerkungen

- Bei allen Messfunktionen außer "Sub-Sampling" (siehe [Kapitel 5](#)) wirkt das Triggerereignis zusammen mit dem Triggerfreigabeereignis (Befehl TARM) und dem Abtastereignis (Befehl NRDGS). (Bei "Sub-Sampling"-Messungen werden das Triggerereignis und das Abtastereignis ignoriert.) Damit eine Messung ausgeführt wird, muss zuerst das Triggerfreigabeereignis eintreten, dann das Triggerereignis und schließlich das Abtastereignis. Das Triggerereignis allein löst noch keine Messung aus. Es versetzt das Multimeter lediglich in die Lage, eine Messung auszuführen. Die Messung selbst wird durch das Abtastereignis (Befehl NRDGS oder SWEEP) ausgelöst. Ausführliche Informationen über das Zusammenwirken der verschiedenen Ereignisse finden Sie unter "[Triggerung von Messungen](#)" in [Kapitel 4](#). Informationen über "Sub-Sampling"-Messungen siehe [Kapitel 5](#).

- **Abfragebefehl.** Der Abfragebefehl TRIG? liefert den Code für das spezifizierte Triggerereignis zurück. Weitere Informationen hierzu siehe unter "Abfragebefehle" am Anfang dieses Kapitels.
- **Verwandte Befehle:** LEVEL, LFILTER, NRDGS, SLOPE, SWEEP, T, TARM, TBUFF

## Beispiele

**OUTPUT 722; "TRIG AUTO"!Automatische Triggerung**

Das folgende Programm zeigt, wie Sie sicherstellen können, dass das Multimeter erst nach erfolgter Konfiguration mit den Messungen beginnt. Die Zeile 20 spezifiziert das Triggerereignis HOLD und unterbricht dadurch die laufenden Messungen. In den Zeilen 30 und 40 wird das Multimeter für 30 Gleichspannungsmessungen pro Triggerereignis konfiguriert. Zeile 50 erzeugt einen Einzeltrigger; dieser veranlasst das Multimeter dazu, 30 Messungen auszuführen. Nach Abschluss der Messungen wird das Triggerereignis automatisch wieder zu HOLD.

```

10 OUTPUT 722;"RESET"           !Einschaltzustand wiederherstellen
20 OUTPUT 722;"TRIG HOLD"       !Messungen unterbrechen
30 OUTPUT 722;"DCV 10"          !Messfunktion DCV, Bereich 10 V
40 OUTPUT 722;"NRDGS 30,AUTO"   !30 Messwerte pro Abtastereignis AUTO
50 OUTPUT 722;"TRIG SGL"        !Einzeltrigger erzeugen
60 END

```

DIESE SEITE WURDE ABSICHTLICH LEER GELASSEN.

# 7

# BASIC-Programmiersprache für das 3458A

|   |     |
|---|-----|
| Einführung  | 424 |
| Wie funktioniert es?                                    | 425 |
| BASIC-Befehle   | 426 |
| Zusätzliche Multimeterbefehle                           | 430 |
| Beispiel für ein 3458A-BASIC-Programm                   | 431 |
| Variablen und Arrays                                    | 433 |
| Allgemeine mathematische Funktionen                     | 440 |
| Unterprogramme  | 446 |
| Erstellen und Herunterladen von Unterprogrammen         | 448 |
| Unterprogrammspezifische Befehle                        | 450 |
| Bedingte Verzweigungen und Schleifen in Unterprogrammen | 456 |

## Einführung

In diesem Kapitel werden die vom BASIC-Betriebssystem des 3458 unterstützten BASIC-Befehle beschrieben. Mit Hilfe von BASIC-Programmen, die einfach zu erstellen und herunterzuladen sind, können Sie das Verhalten des Multimeters flexibel an Ihre individuellen Anforderungen anpassen. Hier einige typische Anwendungsbeispiele für BASIC-Programme:

- Verbesserung der Benutzerfreundlichkeit durch anwendungsorientierte Anpassungen der Frontplattenanzeigen.
- Hinzufügen neuer Messfunktionen, Math-Operationen oder Sensor-Linearisierungsalgorithmen.
- Konfigurieren des Multimeters für Systemmessungen mit erhöhtem Durchsatz.
- Multimeter-interne Datenreduktion zur Verringerung des GPIB-Datenverkehrs.
- Herunterladen von Motorola-68000-spezifischen Binärprogrammen für FFT usw.
- Kundenspezifische Binärprogramme von Keysight für Ihre Spezialanwendungen.

## Wie funktioniert es?

Erstellen Sie einfach mit Hilfe des Befehls SUB ein neues Unterprogramm im Programmspeicher des 3458A. Ein solches Unterprogramm kann beliebige Multimeterbefehle enthalten (siehe hierzu Kapitel 6). Darüber hinaus kann ein Unterprogramm die in diesem Kapitel beschriebenen, zusätzlichen BASIC-Befehle enthalten. *So einfach ist das – und diese Befehle funktionieren mit allen Firmwareversionen des 3458A (sofern nicht anders vermerkt).*

Unterprogramme können über den GPIB oder auch aus einem anderen Unterprogramm heraus aufgerufen werden. Außerdem können Sie einer der benutzerdefinierten Frontplattentasten (F0 bis F9) zugeordnet und dann mit einem einzigen Tastendruck manuell aufgerufen werden.

Das BASIC-Betriebssystem des 3458A unterstützt *nicht* die folgenden Konzepte:

- String-Variablen und -Operationen
- Zeilenummern
- GOTO-Befehle
- GOSUB-Befehle
- Lokale Variablen (alle Variablen sind global)
- Übergabe von Parametern
- Alle sonstigen BASIC-Befehle, die in diesem Kapitel nicht aufgelistet ist.

## BASIC-Befehle

In diesem Kapitel werden die vom BASIC-Betriebssystem des 3458 unterstützten BASIC-Befehle beschrieben. Ausführlichere Informationen und Beispiele zu diesen Befehlen finden Sie in den späteren Abschnitten dieses Kapitels.

### Variablen und Arrays

#### HINWEIS

Die Array-Indizes (Datenfeld-Nummern) beginnen mit 0 und gehen bis Größe ("Option Base 0").

---

**LET** Benutzervariable = Ausdruck

**REAL** Variable\_1, Variable\_2, . . . deklariert Benutzervariablen des Typs "Real" (im folgenden als "Real-Variablen" bezeichnet). REAL Variable\_1 (Größe) deklariert ein Benutzer-Datenfeld des Typs "Real" (im folgenden als "Real-Array" bezeichnet). REAL ist ein 64-Bit-Wert.

**INTEGER** Variable\_1, Variable\_2, . . . deklariert Benutzervariablen des Typs "Integer" (im folgenden als "Integer-Variablen" bezeichnet). INTEGER Variable\_1 (Größe) deklariert ein Benutzer-Datenfeld des Typs "Integer" (im folgenden als "Integer-Array" bezeichnet). INTEGER ist ein 16-Bit-Wert.

**DIM** Array\_Name (Größe), . . . dimensioniert ein Array.

**FILL** Array\_Name, Liste füllt das spezifizierte Array mit den in der Werteliste enthaltenen Daten. Gefüllte Arrays werden im *flüchtigen* Speicherbereich gespeichert.

**HINWEIS****EINSCHRÄNKUNGEN BEI DER BENUTZUNG VON VARIABLEN IN  
UNTERPROGRAMMEN**

ALLE Unterprogramms, die auf eine gegebene Variable Bezug nehmen, müssen diese definieren. Falls der gleiche Variablenname in mehreren Unterprogrammen verwendet wird, müssen die betreffenden Variablendefinitionen in allen Unterprogrammen identisch sein. Falls für den gleichen Variablennamen unterschiedliche Definitionen existieren, kann es beim Aus- und Wiedereinschalten des Gerätes zu Problemen kommen. Der Grund dafür ist, dass die Unterprogramme intern gespeichert werden, um Speicherkapazität zu sparen. Der ausführbare Unterprogrammcode wird beim Einschalten des Gerätes intern neu aufgebaut.

Seien Sie vorsichtig bei Verwendung des Befehls FILL. Dieser Befehl wird beim Einschalten des Gerätes ignoriert und aus dem Unterprogramm entfernt. Sie können dieses Problem vermeiden, indem Sie jedem Array-Element individuell mit dem Befehl LET einen Wert zuweisen.

---

**Mathematische Operationen**

Numerische Operationen: +, -, \*, /, ^

=, >, <, >=, <=, <>

DIV, MOD, ABS, SQR, LOG, EXP, LGT, SIN, COS, ATN

Binäre Operationen: AND, OR, EXOR, NOT, BINAND, BINCMP, BINEOR,  
BINIOR, BIT, ROTATE, SHIFT

## Definieren/Löschen eines Unterprogramms

**SUB** *Unterprogrammname*. Dieser Befehl kennzeichnet den Anfang des Unterprogramms und spezifiziert dessen Name.

**SUBEND** *Unterprogrammname*. Dieser Befehl kennzeichnet das Ende des Unterprogramms und beendet die Eingabe des Unterprogramms.

**DELSUB** *Unterprogrammname*. Dieser Befehl entfernt das spezifizierte Unterprogramm aus dem Internspeicher.

**SCRATCH** Dieser Befehl entfernt alle Unterprogramme, Variablen und Arrays aus dem Internspeicher.

**CAT** Dieser Befehl listet die Namen aller Unterprogramme, einfachen Variablen, gespeicherten Zustände und Arrays auf, die sich derzeit im Internspeicher befinden. (Die Liste kann maximal 400 Zeichen enthalten).

**LIST** *Unterprogrammname*. Dieser Befehl listet das spezifizierte Unterprogramm auf.

**COMPRESS** *Unterprogrammname*. Dieser Befehl komprimiert das spezifizierte Unterprogramm und entfernt dessen Quellcode aus dem Internspeicher.

## Befehle zur Ausführung von Unterprogrammen

**CALL** *Unterprogrammname*. Dieser Befehl startet die Unterprogramm-Ausführung. Nachfolgende Befehle werden erst nach Abschluss des Unterprogramms ausgeführt.

**PAUSE** Dieser Befehl hält das zuletzt mit dem Befehl CALL aufgerufene Unterprogramm an.

**CONT** Dieser Befehl setzt das mit dem Befehl PAUSE unterbrochene Unterprogramm fort.

## Schleifen und Verzweigungen

```
FOR Zähler=Anfangswert TO Endwert [STEP Schrittweite]  
NEXT Zähler  
WHILE Ausdruck  
ENDWHILE  
IF Ausdruck THEN  
[ ELSE ]  
ENDIF
```

## Binärprogramme

**CALLARRAY** Array-Name, Integer\_Liste. Dieser Befehl ermittelt die interne Adresse des spezifizierten Arrays und beginnt an dieser Stelle mit der Ausführung.

Das Array muss zuvor mit Hilfe des Befehls FILL mit (*ins ASCII-Format konvertierten*) Daten gefüllt worden sein. Bei den Binärdaten muss es sich um ausführbaren Code für den Motorola 68000 handeln, der relative Adressierung verwendet.

## Zusätzliche Multimeterbefehle

Die folgenden Multimeterbefehle sind nicht in Kapitel 6 dokumentiert, aber hier zu Ihrer Information beschrieben. Diese Befehle funktionieren mit allen Firmwareversionen des 3458A (sofern nicht anders vermerkt).

**ENTER** *Benutzervariable*. Dieser Befehl liest einen Messwert aus dem Messwertspeicher des Multimeters in eine Benutzervariable ein. Nach Ausführung dieses Befehls wird der Messwert aus dem Messwertspeicher gelöscht. *Beispiel:* ENTER Dmm

**OUTPUT** *Benutzervariable*. Dieser Befehl gibt den aktuellen Wert einer Benutzervariablen aus. Je nachdem, ob das Unterprogramm über die Frontplatte oder über den GPIB gestartet wurde, wird der Wert entweder zum Display oder in den Ausgangspuffer gesendet. *Beispiel:* OUTPUT Ergebnis

**U\_RANGE** Dieser Befehl schaltet auf den nächsthöheren Bereich der aktuellen Messfunktion um.

**D\_RANGE** Dieser Befehl schaltet auf den nächstniedrigeren Bereich der aktuellen Messfunktion um.

**DSP** *String* oder *Benutzervariable*. Dieser Befehl zeigt den spezifizierten String bzw. den Wert der spezifizierten Benutzervariablen im Display an (*nur bei Geräten ab Firmwareversion 2.1 verfügbar*).

**DSP?** Dieser Befehl liest den derzeit im Display angezeigten Text.

**SCROLL LEFT | RIGHT** Dieser Befehl rollt die Display-Anzeige um jeweils ein Zeichen nach links oder rechts. Dies betrifft nur Text, der mit dem Befehl DISP gesendet wurde (weitere Informationen siehe Kapitel 6).

**ECHO** *String*. Dieser Befehl kopiert den spezifizierten String entweder in das Display oder in den GPIB-Ausgangspuffer. Je nachdem, ob das Unterprogramm über die Frontplatte oder über den GPIB gestartet wurde, wird der Wert entweder zum Display oder in den Ausgangspuffer gesendet.

**RETURN** Dieser Befehl bewirkt einen vorzeitigen (d. h. vor SUBEND ausgeführten) Rücksprung aus einem Unterprogramm.

**RMATHV** *Register* , *Benutzervariable*. Dieser Befehl liest den Inhalt eines Multimeter-Math-Registers in eine Benutzervariable ein (*nur bei Geräten ab Firmwareversion 5.1 verfügbar* ).

**WAIT** *ms*. Dieser Befehl verzögert die Ausführung des nächstfolgenden Befehls um die spezifizierte Verzögerungszeit in Millisekunden (maximal 32 s).

## Beispiel für ein 3458A-BASIC-Programm

Das folgende Programm demonstriert die Anwendung der BASIC-Programmiersprache des 3458A und der zusätzlichen Multimeterbefehle. Für die Programmentwicklung und zum Herunterladen des Programms in das Multimeter wurde in diesem Fall ein BASIC-Computer der Serie 300 verwendet. Die GPIB-Adresse des Multimeters lautet 22 und der GPIB Interface Select Code des Computers 700.

```

10 !
20 ! Das folgende Programm verwendet das 3458A zur Berechnung
30 ! des Mittelwertes (die Maximal- und Minimalwerte bleiben außer
40 ! Betracht). Es werden vier BASIC-Befehle verwendet:
50 ! RMATHV, LET, REAL und OUTPUT.
60 !
70 !
80 ! RMATHV weist einer Variablen den aktuellen Wert eines
90 ! Math-Registers zu (ähnlich wie RMATH).
100 !
110 ! OUTPUT sendet den Wert an die Quelle, von der aus der Befehl
120 ! ausgeführt wurde (da in diesem Fall das
130 ! Unterprogramm über den GPIB aufgerufen wurde,
140 ! wird der AVG-Wert über den GPIB gesendet).
150 !
160 ! LET und REAL weisen den spezifizierten Variablen Werte zu.
170 !
180 !
190 !
200 DIM Rdgs(1:300)           ! Datenarray im Computer dimensionieren
210 ASSIGN @Dvm TO 722         ! GPIB-Adresse konfigurieren
220 !
230 CLEAR @Dvm
240 OUTPUT @ Dvm; "RESET"
250 WAIT 0.5
260 !
270 OUTPUT @Dvm; "PRESET FAST"
280 OUTPUT @Dvm; "OHM 1000"
290 OUTPUT @Dvm; "APER 167E-6"
300 OUTPUT @ Dvm; "OFORMAT ASCII"
310 OUTPUT @Dvm; "MEM FIFO"
320 OUTPUT @Dvm; "NRDGS 300,TIMER"   ! Multimeter für 300 Messungen
325                                         ! konfigurieren
330 OUTPUT @Dvm; "TIMER 0.0002"        ! Messrate 5000 Messungen pro Sekunde

```

```

340 !
350 !
360 !
370 OUTPUT @Dvm; "SUB CALC_MEAN"           ! Anfang des DMM-Unterprogramms
380 OUTPUT @Dvm; "REAL BIG,SMALL,AVG"       ! Benutzervariablen dimensio-
                                              ! nieren
390 OUTPUT @Dvm; "MMATH STAT"
400 OUTPUT @Dvm; "RMATHV MEAN, AVG"         ! Zusätzlicher (nicht in Kapitel 6
                                              ! beschriebener) DMM-Befehl
405
410 OUTPUT @Dvm; "RMATHV UPPER, BIG"        ! Zusätzlicher (nicht in Kapitel 6
                                              ! beschriebener) DMM-Befehl
415
420 OUTPUT @Dvm; "RMATHV LOWER, SMALL"       ! Zusätzlicher (nicht in Kapi-
                                              ! tel 6 beschriebener) DMM-Befehl
425
430 OUTPUT @Dvm; "LET M=(AVG*300-BIG-SMALL)/298" ! Formel zur Berech-
                                              ! nung von M
435
440 OUTPUT @Dvm; "OUTPUT M"                 ! Ergebnis der Berechnung zum GPIB
445                                         ! senden
450 OUTPUT @Dvm; "SUBEND"                   ! Ende des DMM-Unterprogramms
460 OUTPUT @Dvm; "TARM SGL"                 ! DMM-Messungen triggern
470 T0=TIMEDATE                           ! Start-Zeit speichern
480 T1=TIMEDATE
490 OUTPUT @ Dvm; "CALL CALC_MEAN"          ! Unterprogramm-Ausführung starten
500 ENTER @Dvm; Mean                      ! Den Wert M in den Computer einlesen
510 T2=TIMEDATE                           ! Ende-Zeit speichern
520 PRINT"Mittelwert";Mean;"Uebertragungs- und Berechnungsgeschwin-
525 digkeit";T2-T1-(T1 -T0)
530 PRINT
540 END

```

Typisches Ergebnis des obigen Programms:

Mittelwert 54.73391112 Uebertragungs- und Berechnungsgeschwindigkeit  
.399963378906

## Variablen und Arrays

Das 3458A unterstützt zwei Arten von Variablen: einfache Variablen (auch "skalare Variablen" genannt) und indizierte Variablen ("Arrays"). Variablen werden beim 3458A ganz ähnlich benutzt wie bei anderen erweiterten BASIC-Sprachen. Der 3458A unterstützt *keine String-Variablen*. Alle Variablen sind global in Bezug auf Frontplatten-, GPIB- und Unterprogramm-Operationen. Das bedeutet, dass Sie Variablenwerte dynamisch ändern können.

### Typendeklarationen

Das 3458A erlaubt zwei alternative Datentypen für Variablen: Integer oder Real. Variablen, die nicht explizit als Integer-Variablen deklariert werden, werden als Real-Variablen behandelt. Der gültige Wertebereich für Real-Variablen ist:

$$-1.797\,693\,134\,862\,315 \times 10^{308} \text{ bis } 1.797\,693\,134\,862\,315 \times 10^{308}$$

Der kleinste zulässige, von Null verschiedene Real-Wert ist:

$$\pm 2.225\,073\,858\,507\,202 \times 10^{-308}$$

Eine Real-Zahl kann auch den Wert 0 haben.

Eine Integer-Variable kann jeden ganzzahligen Wert im Bereich

-32767 bis +32767 annehmen.

Der Befehl DIM deklariert ein Real-Array. Der Befehl INTEGER deklariert eine Integer-Variable oder ein Integer-Array. Der Befehl REAL deklariert eine Real-Variable oder ein Real-Array.

Der folgende Programmbeispiel deklariert ein Real-Array A mit zehn Elementen (nummeriert von 0 bis 9).

**OUTPUT 722; "DIM A(9)"**

Der folgende Programmbeispiel deklariert ein Integer-Array IARRAY mit zehn Elementen (nummeriert von 0 bis 9) sowie eine Integer-Variablen B.

**OUTPUT 722; "INTEGER IARRAY(9),B"**

Der folgende Programmbeispiel deklariert ein Real-Array RARRAY mit zehn Elementen (nummeriert von 0 bis 9) und eine Real-Variablen C.

**OUTPUT 722; "REAL RARRAY(9), C"**

Das 3458A deklariert Variablen automatisch, wenn einem Variablenamen mit dem Befehl LET ein Wert zugewiesen wird. Die folgenden Befehle, beispielsweise, deklarieren automatisch die spezifizierten Variablenamen.

```
OUTPUT 722; "LET A=SIN(.223)"  
OUTPUT 722; "LET B=3.14159"
```

Einige 3458A-Befehle erwarten beim Definieren von Variablen für Parameter einen bestimmten Variablentyp. Der Befehl TIME, beispielsweise, erwartet einen Real-Wert. Umgekehrt liefern Abfragebefehle, die numerische Ergebnisse zurückliefern, bestimmte Wertetypen zurück. Der Befehl LINE?, beispielsweise, liefert einen Integer-Wert zurück. Messwerte werden stets als Real-Werte zurückgeliefert. Alle Variablen sind vom Typ REAL, sofern Sie nicht explizit als INTEGER-Variablen deklariert wurden.

## HINWEIS

### PROGRAMMIERHINWEIS

Wenn Sie einen deklarierten Array-Typ zu einem anderen Typ "umdeklarieren" möchten, müssen Sie zuvor mit dem Befehl SCRATCH alle Variablen, Arrays und Unterprogramme aus dem Speicher entfernen (siehe Beschreibung des Befehls SCRATCH in Kapitel 6). Wenn in einem Befehl, der einen Integer-Wert erwartet, auf einen Real-Wert Bezug genommen wird, konvertiert das 3458A den Real-Wert automatisch in einen Integer-Wert. Wenn umgekehrt in einem Befehl, der einen Real-Wert erwartet, auf einen Integer-Wert Bezug genommen wird, konvertiert das 3458A den Integer-Wert automatisch in einen Real-Wert. Um den "System-Overhead" möglichst gering zu halten, sollten Sie stets den zum jeweiligen Abfragebefehl passenden Variablentyp verwenden. Beispiel:  
OUTPUT 722; "REAL TIME\_INT; LET TIME\_INT=2.25; TIMER TIME\_INT"

## Typenkonvertierung

Falls erforderlich, konvertiert das 3458A Real-Werte automatisch in Integer-Werte, und umgekehrt. Bei der Konvertierung von Real-Werten in Integer-Werte kann Information verloren gehen. Bei dieser Konvertierung gibt es zwei potentielle Probleme:

- Wenn ein Real-Wert in einen Integer-Wert konvertiert wird, wird der Real-Wert auf den nächstliegenden Integer-Wert gerundet. Dabei geht alle in den Nachdezimalpunkt-Stellen enthaltene Information verloren.
- Bei der Konvertierung von Real-Werten in Integer-Werte können Bereichsfehler auftreten. Der Wertebereich für Real-Werte beträgt etwa  $-10^{308}$  bis  $+10^{308}$ , der für Integer-Werte hingegen nur -32768 bis +32767 (etwa  $-10^4$  bis  $+10^4$ ). Daher kann nicht jeder Real-Wert in einen entsprechenden Integer-Wert konvertiert werden. Nicht konvertierbare Werte verursachen einen "Integer Overflow"-Fehler.

## Gebrauch von Variablen

Namen von einfachen Variablen und Arrays können bis zu zehn Zeichen enthalten. Das erste Zeichen muss ein Buchstabe (A-Z) sein; die übrigen neun Zeichen können Buchstaben, Ziffern (0-9), der Unterstrich ("\_") oder das Fragezeichen ("?") sein. Es wird nicht zwischen Groß- und Kleinbuchstaben unterschieden. *Variablennamen dürfen nicht identisch sein mit 3458A-Befehlsschlüsselwörtern, -Befehlsparametern oder Namen von gespeicherten Zuständen.*

Mit dem Befehl LET können Sie einer Variablen einen beliebigen numerischen Wert zuweisen (das Schlüsselwort "LET" ist obligatorisch). Die beiden folgende Befehle sind äquivalent:

```
OUTPUT 722; "LET TIME_INT = 120E-3"
OUTPUT 722; "LET TIME_INT =40*3E-3"
```

In 3458A-Befehlen, die einen oder mehrere numerische Parameter erfordern, können diese durch Variablen ersetzt werden. Die beiden folgenden Beispiele demonstrieren (1) die Speicherung von numerischen Daten und (2) numerische Berechnungen. In den folgenden Abschnitten werden diese beiden Anwendungen für Variablen erörtert.

## Variablen zur Datenspeicherung

Im Einschalt-Zustand des Multimeters werden die vom 3458A generierten Daten in den GPIB-Ausgangspuffer geschrieben, von wo sie der Steuercomputer einlesen kann. In einigen Anwendungen kann es zweckmäßig oder notwendig sein, die ausgegebenen Daten direkt in den Internspeicher des Multimeters abzuspeichern. Mit dem Befehl ENTER können Sie sequentiell die im Messwertspeicher enthaltenen Messwerte auslesen und einer einfachen Variablen oder Array-Variablen als Wert zuweisen. (Durch das Auslesen eines Messwertes wird der betreffende Wert aus dem Messwertspeicher des Multimeters gelöscht).

Das folgende Programm verwendet den Befehl ENTER innerhalb eines 3458A-Unterprogramms zum Speichern von Messwerten.

```
10 OUTPUT 722; "SUB DMM_CONF"
20 OUTPUT 722; "NRDGS 100"
30 OUTPUT 722; "TRIG SGL"
40 OUTPUT 722; "INTEGER I"
50 OUTPUT 722; "FOR I = 1 TO 100"
60 OUTPUT 722; " ENTER A[I]"
70 OUTPUT 722; "NEXT I"
80 OUTPUT 722; "SUBEND"
```

```
90 !
100 OUTPUT 722; "CALL DMM_CONF"
110 END
```

## Numerische Berechnungen

Sowohl einfache als auch Array-Variablen können in numerischen Berechnungen verwendet werden. Der Befehlssatz des 3458 enthält diverse mathematische Funktionen zur Manipulation von Daten. Die vom 3458A unterstützten mathematischen Funktionen werden weiter unten in diesem Kapitel ausführlicher beschrieben.

## Einlesen von Daten aus dem Multimeter in den Steuercomputer

Der Befehl OUTPUT liefert den Wert der spezifizierten Variablen zurück. Hier ein Beispiel zur Anwendung des Befehls OUTPUT:

```
10 DIM A$[50]           !Variable im Steuercomputer
15                         !dimensionieren
20 OUTPUT 722; "LET VAL=COS(.5235)   !Wert berechnen
30 OUTPUT 722; "OUTPUT VAL"      !Variable VAL abfragen
40 ENTER 722: A$            !Ergebnis einlesen
50 PRINT A$                !Ergebnis anzeigen
60 END
```

## Arrays

Sie haben die Möglichkeit, Speicherplatz im Internspeicher des 3458A für eindimensionale Arrays zu reservieren. Real-Arrays können wahlweise mit dem Befehl **DIM Name(Größe)** oder **REAL Name(Größe)** dimensioniert werden. Integer-Arrays müssen mit dem Befehl **INTEGER Name(Größe)** dimensioniert werden. Die Nummerierung der Array-Elemente beginnt stets mit 0 ("Option base 0"). Für Arrays ist keine Standardgröße definiert. Um ein Array mit zehn Elementen zu dimensionieren, müssen Sie – wie im folgenden Beispiel – eine Größe von 9 spezifizieren.

```
OUTPUT 722; "DIM TESTER(9)"
```

Für Array-Namen gelten die gleichen Regeln wie für Namen von numerischen Variablen. Um ein bestimmtes Array-Element zu spezifizieren, müssen Sie den betreffenden Index in Klammern spezifizieren. Der Index muss eine ganze Zahl im Bereich von 0 bis 999 sein; die maximal mögliche Array-Größe wird jedoch durch die verfügbare Internspeicherkapazität des 3458A bestimmt (ca. 10 kByte, falls keine Zustände oder Unterprogramme gespeichert sind). Nicht-ganzzahlige Indizes werden automatisch auf ganzzahlige Werte gerundet.

Die Größe eines Arrays kann durch Re-Dimensionieren des Arrays geändert werden. Dadurch wird sämtlichen Array-Elementen der Wert 0 zugewiesen. Wenn Sie den Array-Typ (Real oder Integer) ändern möchten, müssen Sie zuvor den Internspeicher mit Hilfe des Befehls SCRATCH vollständig leeren (siehe Beschreibung des Befehls SCRATCH in Kapitel 6). Array-Elemente können genauso benutzt werden wie einfache Variablen.

## Füllen eines Arrays

Beim Deklarieren (mit dem Befehl DIM, REAL oder INTEGER) oder Re-deklarieren eines Arrays erhalten alle seine Elemente den Wert 0 zugewiesen. Nach dem Dimensionieren eines Arrays können Sie dieses mit Hilfe des Befehls FILL mit Werten füllen. Der Befehl FILL hat folgende Syntax:

```
FILL Array_Name, Liste
```

Das folgende Programm füllt ein Integer-Array mit Integer-Werten.

```
10 OUTPUT 722; "INTEGER LIST(9)"
20 OUTPUT722; "FILL LIST 0,100,200,300,400,500,600,700,800,900"
30 END
```

**HINWEIS**

Seien Sie vorsichtig bei Verwendung des Befehls FILL. Er funktioniert nur, solange Sie das Multimeter nicht ausschalten. Beim Ausschalten wird dieser Befehl aus dem Unterprogramm gelöscht. Sie können dieses Problem vermeiden, indem Sie jedem Array-Element individuell mit dem Befehl LET einen Wert zuweisen.

---

**Array-Größe**

Der Abfragebefehl SIZE? liefert die Anzahl der Elemente in dem spezifizierten Array zurück. Weil die Nummerierung der Array-Elemente mit 0 beginnt, ist dieser Wert gleich dem Index des letzten Array-Elements plus eins. Wenn Sie also beispielsweise ein Array mit zehn Elementen dimensionieren (DIM LIST(9)), liefert der Befehl SIZE? den Wert "10" zurück.

Das folgende Programm dimensioniert ein Integer-Array mit zehn Elementen und überprüft anschließend mit Hilfe des Befehls SIZE? die Array-Größe.

```
10 OUTPUT 722; "INTEGER IARRAY(9)"
20 OUTPUT 722; "SIZE? IARRAY"
30 ENTER 722; A
40 PRINT A
50 END
```

**Entfernen von Arrays und Variablen aus dem Speicher**

Alle Variablen und Arrays werden im flüchtigen Speicher des 3458A abgelegt. Beim Ausschalten des 3458A gehen alle Variablen und Arrays verloren. Mit dem Befehl SCRATCH können Sie alle Variablen, Arrays, Unterprogramme und Namen gespeicherter Zustände aus dem Speicher entfernen. (Informationen über das Speichern von Zuständen siehe [Kapitel 3](#)).

## Allgemeine mathematische Funktionen

Das 3458A unterstützt allgemeine mathematische Ausdrücke gemäß den üblichen BASIC-Sprachkonventionen. Solche Ausdrücke können über die Frontplattentastatur eingegeben, vom Steuercomputer gesendet oder innerhalb von 3458A-Unterprogrammen verwendet werden. Es sind die üblichen mathematischen Operatoren, allgemeinen mathematischen Funktionen und binären Funktionen verfügbar. Das 3458A bietet außerdem einen einfachen Taschenrechnermodus.

### Mathematische Operatoren

Das 3458A bietet zusätzlich zu den Standard-Math-Operatoren (+ - \* / ^) zwei weitere arithmetische Operatoren: DIV (Integer-Division) und MOD (modulo). Unäre Minus-Operationen müssen folgendermaßen geschrieben werden:

**A = 0-B**

Der Befehl DIV liefert den Integer-Anteil einer Division zurück. Es wird eine normale Division ausgeführt, wobei jedoch alle Stellen rechts vom Dezimalpunkt abgeschnitten (statt gerundet) werden. Das folgende Programm dividiert 7 durch 3 und überträgt den ganzzahligen Anteil (2) des Ergebnisses zum Steuercomputer.

```
10 OUTPUT 722; "OUTPUT(7 DIV 3)"
20 ENTER 722; A
30 PRINT "DIV-Ergebnis ="; A
40 END
```

Typische Antwort:

**DIV-Ergebnis = 2**

Der Befehl MOD liefert den Rest einer Division zurück. Wie beim Befehl DIV wird eine normale Division ausgeführt, wobei jedoch nur der Divisionsrest zurückgeliefert wird. Das folgende Programm dividiert 7 durch 3 und überträgt den Divisionsrest (1) zum Steuercomputer.

```
10 OUTPUT 722; "OUTPUT(7 MOD 3)"
20 ENTER 722; A
30 PRINT "MOD-Ergebnis ="; A
40 END
```

Typische Antwort:

**MOD-Ergebnis =1**

Mathematische Vergleichsoperatoren ( $<$   $>$   $\leq$   $\geq$   $\neq$ ) und logische Operatoren (AND und OR) sind in beliebigen Ausdrücken erlaubt.

### Allgemeine mathematische Funktionen

Die vom 3458A unterstützten allgemeinen mathematischen Funktionen sind nachfolgend aufgelistet. Die Argumente ("X" und "Y") können numerische Werte, numerische Variablen, Funktionen, Array-Elemente oder in Klammern eingeschlossene numerische Ausdrücke sein.

| Funktion/Argument | Bedeutung                             |
|-------------------|---------------------------------------|
| ABS(X)            | Absolutwert des Arguments.            |
| SQR(X)            | Positive Quadratwurzel des Arguments. |

### Logarithmische Funktionen

Das 3458A kann sowohl natürliche als auch Zehnerlogarithmen berechnen. Die verfügbaren logarithmischen Funktionen sind in der nachfolgenden Tabelle aufgelistet.

| Funktion/Argument | Bedeutung  |
|-------------------|--|
| LOG(X)            | $\text{Log}_e(X)$ : Logarithmus eines positiven Arguments zur Basis e (2.71828) ("natürlicher Logarithmus"). |
| EXP(X)            | $e^x$ : Exponentialfunktion zur Basis e ("natürlicher Antilogarithmus").                                     |
| LGT(X)            | $\text{Log}_{10}(X)$ : Logarithmus eines positiven Arguments zur Basis 10 ("Zehnerlogarithmus").             |

## Trigonometrische Funktionen

Das 3458A unterstützt drei trigonometrische Funktionen. Die verfügbaren trigonometrischen Funktionen sind in der nachfolgenden Tabelle aufgelistet.

| Funktion/Argument | Bedeutung (X in rad)        |
|-------------------|-----------------------------|
| SIN(X)            | Sinus des Arguments.        |
| COS(X)            | Cosinus des Arguments.      |
| ATN(X)            | Arcustangens des Arguments. |

## Logische Funktionen

Das 3458A unterstützt vier logische Funktionen: AND (Inklusiv-AND), OR (Inklusiv-OR), EXOR (Exklusiv-OR) und NOT (Negation). Die ersten drei Funktionen vergleichen die beiden Argumente miteinander und liefern auf der Basis einer Wahrheitstabelle den Wert "0" oder "1" zurück. Jeder von Null verschiedene (positive oder negative) Wert wird als eine logische "1" interpretiert. Nur der Wert 0 wird als eine logische "0" interpretiert.

Hier die Syntax und die Wahrheitstabellen für die logischen Funktionen:

**Argument AND Argument**

**Argument OR Argument**

**Argument EXOR Argument**

**NOT** Argument

| A | B | A AND B | A OR B | A EXOR B | NOT A | NOT B |
|---|---|---------|--------|----------|-------|-------|
| 0 | 0 | 0       | 0      | 0        | 1     | 1     |
| 0 | 1 | 0       | 1      | 1        | 1     | 0     |
| 1 | 0 | 0       | 1      | 1        | 0     | 1     |
| 1 | 1 | 1       | 1      | 0        | 0     | 0     |

## Binäre Funktionen

Das 3458A bietet sieben binäre Funktionen. Diese können beispielsweise zur Erzeugung digitaler Bitmuster verwendet werden. Wenn für ein Argument ("X" oder "Y") einer binären Funktion ein Real-Wert spezifiziert wird, so wird dieser auf einen ganzzahligen Wert im Bereich von -32768 bis +32767 gerundet. Die verfügbaren binären Funktionen sind in der nachfolgenden Tabelle aufgelistet.

| Funktion/Argument      | Bedeutung  |
|------------------------|--|
| BINAND(X,Y)            | Bitweise logische AND-Verknüpfung der Argumente.   |
| BINCMP(X)              | Bitweise Binärkomplement-Verknüpfung der Argumente.  |
| BINEOR(X,Y)            | Bitweise logische Exklusiv-OR-Verknüpfung der Argumente.   |
| BINIOR(X,Y)            | Bitweise logische Inklusiv-OR-Verknüpfung der Argumente.   |
| BIT(X,Position)        | Diese Funktion liefert den logischen Wert ("0" oder "1") des spezifizierten Argument-Bits. Für die Bit-Position muss ein Wert im Bereich von 0 (LSB) bis 15 (MSB) spezifiziert werden. |
| ROTATE(X,Verschiebung) | Diese Funktion liefert das ganzzahlige Ergebnis einer <i>zyklischen Verschiebung (Rotation)</i> des Arguments um die spezifizierte Anzahl von Stellen. <sup>[a]</sup>                  |
| SHIFT(X,Verschiebung)  | Diese Funktion liefert das ganzzahlige Ergebnis einer <i>nicht-zyklischen Verschiebung</i> des Arguments um die spezifizierte Anzahl von Stellen. <sup>[a]</sup>                       |

- [a] Bei einem positiven Verschiebungswert erfolgt die Rotation bzw. Verschiebung in Richtung des niedrigstwertigen Bits.  
Bei einem negativen Verschiebungswert erfolgt die Rotation bzw. Verschiebung in Richtung des höchstwertigen Bits.

## Hierarchie der mathematischen Operatoren

Die Auswertung von Klammerausdrücken hat Vorrang vor der Auswertung von mathematischen Funktionen außerhalb von Klammern. Wenn ein Ausdruck zwei oder mehr Operationen mit gleicher Priorität enthält, werden diese in der Reihenfolge von links nach rechts ausgewertet.

|                      |   |
|----------------------|---|
| Höchste Priorität    | Klammerausdrücke                        |
|                      | Funktionen: SIN, COS usw.               |
|                      | Exponentiation                          |
|                      | *, /, MOD, DIV                          |
|                      | +,-                                     |
| Niedrigste Priorität | Vergleichsoperatoren: <, >, <=, >= usw. |
|                      | Logische Operatoren: AND, OR usw.       |

## Fehler im Zusammenhang mit mathematischen Operationen

Bei der Auswertung eines mathematischen Ausdrucks können die nachfolgend aufgelisteten Fehler auftreten. Das 3458A behandelt diese Fehler genauso wie sonstige Ausführungsfehler. Weitere Informationen über die Fehlerbehandlung siehe [Kapitel 3](#).

### Fehlerbeschreibung

Division durch Null

Real-Bereichsüberschreitung

Real-Bereichsunterschreitung

Integer-Bereichsüberschreitung

Quadratwurzel einer negativen Zahl

Logarithmus einer nicht-positiven Zahl

Unzulässige Real-Zahl

Argument einer trigonometrischen Funktion  
außerhalb des zulässigen Bereichs

**Fehlerbeschreibung**

BCD-Exponent zu groß

Unzulässiges HEX-, Oktal oder Dezimal-Argument

## Hinweise zur Anwendung von Vergleichsoperatoren

Beim Vergleichen von Integer-Werten sind keine besondern Vorsichtsmaßnahmen erforderlich. Beim Vergleichen von REAL-Werten (insbesondere Ergebnissen von Berechnungen) können jedoch Probleme auftreten, beispielsweise durch Rundungsfehler oder sonstige systeminhärente Beschränkungen. Hierzu ein Beispiel. In dem folgenden Programm ist das Ziel einer bedingten Verzweigung (IF...THEN) vom Ergebnis einer Vergleichsoperation abhängig.

```
10 OUTPUT 722; "SUB TESTER"
20 OUTPUT 722; "LET A=25.3765477"
30 OUTPUT 722; "IF SIN(A)^2 + COS(A)^2 = 1 THEN"
40 OUTPUT 722; " DISP 'EQUAL'"
50 OUTPUT 722; "ELSE"
60 OUTPUT 722; " DISP'NOT EQUAL'"
70 OUTPUT 722; "ENDIF"
80 OUTPUT 722; "SUBEND"
90 !
100 OUTPUT 722; "CALL TESTER"
110 END
```

Obwohl die Summe aus Sinus- und Cosinus-Quadrat eines beliebigen Wertes stets exakt 1 ist, kann der Vergleich in Zeile 30 infolge von Rundungsfehlern oder sonstigen inhärenten Beschränkungen finiter Zustandsmaschinen das Ergebnis "ungleich" liefern. Unendlich periodische Dezimalzahlen oder irrationale Zahlen lassen sich in einer finiten Zustandsmaschine, wie sie im 3458A verwendet wird, prinzipiell nicht exakt darstellen.

Gute Beispiele für derartige Fehler erlebt man immer wieder beim Multiplizieren oder Dividieren von Zahlen: Die Anzahl der Dezimalstellen des Produkts zweier nicht ganzzahliger Werte ist fast immer größer als die Summe der Anzahlen der Dezimalstellen der beiden Operanden.

## Unterprogramme

Das 3458A kann BASIC-Unterprogramme intern speichern und ausführen. Solche Unterprogramme können von einem Steuercomputer (beispielsweise HP Serie 200/300) in das 3458A heruntergeladen oder über die Tastatur eingegeben werden. Nachfolgend werden Struktur und Anwendung von Unterprogrammen erläutert. Außerdem werden spezielle Befehle beschrieben, die innerhalb von Unterprogrammen verwendet werden.

Ein Unterprogramm ist eine Folge von 3458A-Befehlen, die mit dem Befehl SUB beginnt und mit dem Befehl SUBEND endet. Der Befehl SUB ordnet dem Unterprogramm einen Namen zu, unter dem das Unterprogramm später aufgerufen (d. h. zur Ausführung gebracht) werden kann. Unterprogramme werden im nichtflüchtigen Speicher des 3458A gespeichert.

Die in den 3458A heruntergeladenen Unterprogramme können später mit einem einzigen Befehl vom Steuercomputer oder über die Tastatur aufgerufen werden. Während das 3458A mit der Ausführung eines Unterprogramms beschäftigt ist, kann der Steuercomputer andere Aufgaben erledigen. Dadurch wird der Steuercomputer gewissermaßen multi-tasking-fähig – das 3458A verhält sich wie ein separater Computer, der seine Aufgaben selbstständig ausführt. Befehle innerhalb eines 3458A-Unterprogramms werden außerdem schneller ausgeführt als die gleichen Befehle, wenn sie über den GPIB empfangen werden, weil sie auf eine andere Art intern gespeichert werden.

Welche Befehle sind innerhalb eines Unterprogramms erlaubt?

Die meisten 3458A-Befehle können auch innerhalb von Unterprogrammen verwendet werden. Lediglich die folgenden Befehle sind in Unterprogrammen unzulässig: CONTINUE, COMPRESS, DELSUB und SCRATCH. Drei spezielle Befehle für bedingte Verzweigungen und Schleifen sind zur Verwendung in Unterprogrammen verfügbar.

Wieviele unterschiedliche Unterprogramme können gespeichert werden?

Wieviele Unterprogramme gleichzeitig im 3458A gespeichert sein können, hängt von der Größe der jeweiligen Unterprogramme ab. Ein typisches Unterprogramm mit zehn Befehlen (einschließlich SUB und SUBEND) beansprucht etwa 600 Byte. Weitere Informationen über die Benutzung des Internspeichers siehe Kapitel 3.

Können Unterprogramme verschachtelt werden?

Ja! "Veschachteln" von Unterprogrammen bedeutet, dass ein Unterprogramm ein anderes Unterprogramm aufruft. Bis zu zehn Unterprogramme können verschachtelt werden.

## Erstellen und Herunterladen von Unterprogrammen

Die nachfolgenden Unterprogrammbeispiele demonstrieren relativ einfache 3458A-Operationen; bei Bedarf können Sie diese Unterprogramme zu komplexeren Hauptprogrammen kombinieren. Im folgenden wird auch gezeigt, wie Unterprogramme erstellt und editiert werden.

### HINWEIS

#### PROGRAMMIERHINWEIS

Das vom Steuercomputer auszuführende Programm sollte am Anfang den Befehl SCRATCH und die Befehle zum Herunterladen der Unterprogramme enthalten. Dadurch wird die Speicherverwaltung des 3458A unterstützt und gewährleistet, dass die Unterprogramme auch tatsächlich ausführerbereit sind, wenn sie aufgerufen werden.

Der Befehl SUB weist das 3458A an, alle nachfolgenden Befehle bis zu SUBEND unter dem spezifizierten Namen als Unterprogramm abzuspeichern.

Ein Unterprogrammname kann bis zu zehn Zeichen enthalten. Das erste Zeichen muss ein Buchstabe (A-Z) sein; die übrigen neun Zeichen können Buchstaben, Ziffern (0–9), der Unterstrich ("\_") oder das Fragezeichen ("?") sein. Unterprogrammnamen dürfen nicht identisch sein mit 3458A-Befehlsschlüsselwörtern, Befehlsparametern oder Namen von Arrays, Variablen oder gespeicherten Zuständen.

Das folgende Programmbeispiel zeigt, wie ein einfaches Unterprogramm erstellt und in das Multimeter heruntergeladen wird; dieses Unterprogramm konfiguriert das Multimeter für drei Gleichspannungsmessungen.

```
10 OUTPUT 722; "SUB DMM_CONF"
20 OUTPUT 722; "DCV8,0.00125"
30 OUTPUT 722; "NRDGS 3"
40 OUTPUT 722; "TRIG SGL"
50 OUTPUT 722; "SUBEND"
60 END
```

Die beiden Befehle SUB DMM\_CONF und SUBEND bilden zusammen mit den drei Befehlen in den Zeilen 20, 30 und 40 das Unterprogramm mit dem Namen DMM\_CONF.

Während ein Unterprogramm in das 3458A heruntergeladen wird, wird es vom Multimeter – wie ein gewöhnlicher Befehl – auf Syntaxfehler überprüft. Im Falle eines Syntaxfehlers erfolgt eine Fehlermeldung, und der betreffende Befehl wird aus dem Unterprogramm entfernt. Sie müssen dann das Unterprogramm auf dem Steuercomputer korrigieren und anschließend nochmals in das Multimeter herunterladen. Unterprogramme werden im nichtflüchtigen Speicher des 3458A gespeichert. Sie können ein heruntergeladenes Unterprogramm sowohl über die Tastatur als auch vom Steuercomputer aus aufrufen. Wenn bei Ausführung des Befehls SUBEND ein Unterprogramm-Verschachtelungsfehler festgestellt wird (wenn beispielsweise eines der aufgerufenen Unterprogramme nicht im Speicher des 3458A existiert), wird das Unterprogramm nicht abgespeichert.

Wenn Sie ein Unterprogramm erstellen oder herunterladen, dessen Name mit dem eines bereits im 3458A gespeicherten Unterprogramms identisch ist, wird das existierende Unterprogramm durch das neue überschrieben.

## Unterprogrammspezifische Befehle

Nachfolgend werden Befehle beschrieben, die entweder nur innerhalb von Unterprogrammen verwendet werden oder zur Steuerung oder Verwaltung von Unterprogrammen dienen. Die Befehle zum Definieren und Löschen von Unterprogrammen dienen zum Speichern, Anzeigen oder Löschen von Unterprogrammen aus dem Internspeicher des Multimeters. Die Ausführungsbefehle steuern die Ausführung von Unterprogrammen; diese Befehle können innerhalb oder außerhalb eines Unterprogramms angewandt werden.

### Befehle zum Definieren/Löschen von Unterprogrammen

Die Befehle zum Definieren oder Löschen von Unterprogrammen dienen dazu, Anfang und Ende eines Unterprogramms zu identifizieren, Unterprogramme in den Internspeicher des Multimeters herunterzuladen oder aus dem Internspeicher zu entfernen, und die derzeit im Internspeicher enthaltenen Unterprogramme aufzulisten.

Hier die Syntax dieser Befehle:

**SUB** *Unterprogrammname*

SUBEND

**DELSUB** *Unterprogrammname*

SCRATCH

CAT

**LIST** *Unterprogrammname*

**COMPRESS** *Unterprogrammname*

**SUB/SUBEND**

Jedes 3458A-Unterprogramm muss einen SUB- und einen SUBEND-Befehl enthalten. Der Befehl SUB muss stets die erste Unterprogrammzeile darstellen. Er kennzeichnet den Anfang des Unterprogramms und spezifiziert dessen Name. Wenn der Befehl SUB ausgeführt wird, beginnt das 3458A damit, das Unterprogramm in den Internspeicher abzuspeichern.

Der Befehl SUBEND muss stets die letzte Unterprogrammzeile darstellen. Er kennzeichnet das Ende des Unterprogramms und beendet die Eingabe des Unterprogramms. Jedesmal, wenn das Unterprogramm aufgerufen wird, werden die zwischen SUB und SUBEND befindlichen Befehle ausgeführt.

Jedes Unterprogramm darf nur einen einzigen SUB- und einen einzigen SUBEND-Befehl enthalten. Überzählige SUB- oder SUBEND-Befehle verursachen eine Fehlermeldung.

## DELSUB

Der Befehl DELSUB (Delete Subprogram) entfernt das spezifizierte Unterprogramm aus dem Internspeicher, ohne jedoch den betreffenden Unterprogrammnamen aus dem Unterprogrammkatalog (Befehl CAT) zu löschen.

## SCRATCH

Der Befehl SCRATCH entfernt alle Unterprogramme, Variablen und Arrays aus dem Internspeicher. Er löscht außerdem alle Namen aus dem Unterprogrammkatalog (Befehl CAT). Falls der Befehl SCRATCH während der Ausführung eines Unterprogramms ausgeführt wird, erfolgt eine Fehlermeldung, ohne dass das Unterprogramm aus dem Speicher entfernt wird.

## CAT

Der Befehl CAT listet die Namen aller Unterprogramme, einfachen Variablen, gespeicherten Zustände und Arrays auf, die sich derzeit im Internspeicher befinden. Falls keine weiteren Arrays oder Unterprogramme mehr aufzulisten sind, liefert der Befehl CAT den String "DONE" ("fertig"). Weitere Informationen über gespeicherte Zustände siehe Kapitel 3. Der Katalog hat folgendes Format:

*Für Unterprogramme: **SUB** Unterprogrammname*

*Für Integer-Arrays: **IARRAY** Array-Name*

*Für Real-Arrays: **RARRAY** Array-Name*

*Für gespeicherte Zustände: **STATE** Zustandsname (nichtflüchtiger Speicher)*

*Für einfache Variablen: **INT** Variablenname  
**REAL** Variablenname*

Das folgende Programm demonstriert die Anwendung des Befehls CAT.

```
10 DIM A$[80]
20 OUTPUT 722; "CAT"
30 REPEAT
40   ENTER 722; A$
50   PRINT A$
60 UNTIL A$="DONE"
70 END
```

## LIST

Der Befehl LIST ermöglicht es Ihnen, das spezifizierte Unterprogramm aufzulisten. Beachten Sie, dass Sie Unterprogramme nicht über die Frontplatte, sondern nur auf dem Steuercomputer editieren können. Das folgende Programm listet das Unterprogramm DMM\_CONF auf dem Bildschirm des Steuercomputers auf.

```
10 DIM A$[100]
20 OUTPUT 722; "LIST DMM_CONF"
30 REPEAT
40   ENTER 722; A$
50   PRINT A$
60 UNTIL A$="SUBEND"
70 END
```

## COMPRESS

Der Befehl COMPRESS entfernt den Quellcode des spezifizierten Unterprogramms aus dem Internspeicher. (Das betreffende Unterprogramm wird nicht länger nichtflüchtig gespeichert und geht beim Ausschalten des Gerätes verloren). Dies spart Internspeicherkapazität, macht jedoch eine Auflistung des Unterprogramms (Befehl LIST) unmöglich. Der Befehl COMPRESS sollte erst nach dem Debuggen und Austesten des Unterprogramms verwendet werden.

## Ausführungsbefehle

Unterprogramm-Ausführungsbefehle dienen zur Steuerung der Ausführung eines Unterprogramms. Hier die Syntax dieser Befehle:

**CALL** *Unterprogrammname*

PAUSE

CONT

**CALL**

Der Befehl CALL ruft das spezifizierte Unterprogramm auf. Nachfolgende Befehle werden erst nach Abschluss des Unterprogramms ausgeführt. Das bedeutet, dass das Multimeter so lange keine weiteren Befehle akzeptiert (weder über den GPIB noch über die Tastatur), bis das Unterprogramm vollständig ausgeführt wurde. Während der Unterprogramm-Ausführung hat das "Ready-Bit" (Bit 4) des Statusregisters den Wert "0". Nach Abschluss des Unterprogramms wird dieses Bit auf "1" gesetzt; dies signalisiert die Empfangsbereitschaft des 3458A für weitere Befehle.

Der Befehl CALL kann auch innerhalb eines Unterprogramms zum Aufruf eines weiteren Unterprogramms verwendet werden. Auf diese Weise lassen sich Unterprogramme verschachteln. Wenn ein verschachteltes Unterprogramm von einem übergeordneten Unterprogramm aufgerufen wird, wird das übergeordnete Unterprogramm bis zum Abschluss des aufgerufenen Unterprogramms angehalten – es kann immer nur jeweils ein Unterprogramm ausgeführt werden. Unterprogramme können bis zu einer Tiefe von zehn Ebenen verschachtelt werden.

**PAUSE**

Der Befehl PAUSE hält das zuletzt mit dem Befehl CALL aufgerufene Unterprogramm an. Ein mit dem Befehl PAUSE angehaltenes Unterprogramm kann mit dem Befehl CONT (Continue) fortgesetzt werden. Auf den Befehl CONT hin wird das angehaltene Unterprogramm, beginnend mit dem nächsten Befehl nach PAUSE, fortgesetzt.

Wenn das 3458A den Befehl CONT empfängt, ohne dass zuvor ein Unterprogramm angehalten wurde, erfolgt eine Fehlermeldung.

## PAUSED?

Der Abfragebefehl PAUSED? liefert den Wert "1" zurück, falls das Unterprogramm derzeit angehalten ist, bzw. den Wert "0", falls das Unterprogramm läuft oder vollständig ausgeführt wurde. Das folgende Programm demonstriert die Anwendung des Befehls PAUSED?

```
10 OUTPUT 722; "RUN DMM_CONF;PAUSE"
20 OUTPUT 722; "PAUSED?"
30 ENTER 722; A
40 IF A=1 THEN PRINT "SUBPROGRAM IS PAUSED"
50 IF A=0 THEN PRINT "SUBPROGRAM IS NOT PAUSED"
60 END
```

## Abbrechen eines Unterprogramms

Der GPIB-Universalbefehl CLEAR (siehe [Anhang B](#)) bricht ein mit dem Befehl CALL gestartetes Unterprogramm ab. Anschließend kann das Multimeter wieder über den GPIB oder die Tastatur gesteuert werden.

## Verlassen eines Unterprogramms

Ein Unterprogramm wird bis zum Befehl SUBEND ausgeführt. Danach wird die Steuerung wieder an das aufrufende Unterprogramm oder den GPIB-Eingangspuffer oder die Tastatur zurückgegeben (je nachdem, von wo aus das Unterprogramm aufgerufen wurde). Alternativ können Sie das Unterprogramm auch mit dem Befehl RETURN beenden. Wenn Sie beispielsweise ein Unterprogramm beenden möchten, falls eine bestimmte Bedingung erfüllt ist, können Sie dies erreichen, indem Sie den Befehl RETURN innerhalb eines IF...THEN-Konstrukts anwenden. Der Befehl RETURN gibt die Steuerung an den jeweiligen "Aufrufer" zurück, ohne dass hierzu der Befehl SUBEND ausgeführt werden muss. Beispiel:

```
10 OUTPUT 722; "SUB DMM_CONF"
20 OUTPUT 722; "DCV 8, 0.00125"
30 OUTPUT 722; "TRIG SGL"
40 OUTPUT 722; "ENTER A"
60 OUTPUT 722; "IF A<5.06 THEN; RETURN"
70 OUTPUT 722; "ELSE"
80 OUTPUT 722; "TRIG SGL"
90 OUTPUT 722; "ENDIF"
100 OUTPUT 722; "SUBEND"
110 !
120 OUTPUT 722; "CALL DMM_CONF"
130 END
```

## Verschachteln von Unterprogrammen

Ein Unterprogramm kann ein weiteres (verschachteltes) Unterprogramm aufrufen, das ausgeführt wird, bevor das erste Unterprogramm fortgesetzt wird. Nachdem das zweite Unterprogramm den Befehl SUBEND ausgeführt hat, fährt das erste Unterprogramm mit dem auf den Befehl CALL folgenden Befehl fort.

Beim Verschachteln von Unterprogrammen sind zwei Dinge zu beachten: Erstens muss das von einem anderen Unterprogramm aufgerufene Unterprogramm vor dem aufrufenden Unterprogramm in den Internspeicher abgespeichert werden. Der Grund dafür ist, dass das 3458A beim Abspeichern eines Unterprogramms die Syntax jedes einzelnen Befehls überprüft. Wenn es auf einen eingebetteten CALL-Befehl trifft, überprüft es, ob das mit diesem Befehl spezifizierte Unterprogramm im Internspeicher vorhanden ist. Wenn nicht, erfolgt eine Fehlermeldung. Zweitens dürfen Unterprogramme "nur" bis zu einer Tiefe von zehn Ebenen verschachtelt werden. Es ist nicht möglich, ein Unterprogramm in ein anderes Unterprogramm einzubetten. Das folgende Programm, beispielsweise, verursacht eine Fehlermeldung.

```
10 OUTPUT 722; "SUB DMM_CONF"
20 OUTPUT 722; "DCV8,0.00125"
30 OUTPUT 722; "SUB TESTER"      !Diese Zeile verursacht eine Fehler-
35                               !meldung
40 OUTPUT 722; "SUBEND"
50 !
60 OUTPUT 722; "CALL DMM_CONF"
70 END
```

## Bedingte Verzweigungen und Schleifen in Unterprogrammen

Das 3458A bietet drei BASIC-Befehle für bedingte Verzweigungen und Schleifen. Diese Befehle sind nur innerhalb von 3458A-Unterprogrammen zulässig. Die Befehle für bedingte Verzweigungen und Schleifen ermöglichen beispielsweise repetitive Tests, das Initialisieren von Arrays usw.

Die drei Bedingungsbefehle lauten: FOR...NEXT, WHILE...ENDWHILE und IF...THEN. Diese Befehle entsprechen den in erweiterten BASIC-Sprachen üblichen. Die einzige Ausnahme besteht darin, dass 3458A-Unterprogramme keine Zeilennummern oder GOTO-Befehle enthalten dürfen. Schleifen und bedingte Verzweigungen dürfen bis zu einer Tiefe von sieben Ebenen verschachtelt werden.

### FOR...NEXT-Schleifen

Das Befehlspaar FOR...NEXT definiert eine Schleife, die so oft ausgeführt wird, bis der Schleifenzähler einer spezifizierten Wert über- oder unterschreitet. Hier die Syntax des Befehls FOR...NEXT:

**FOR** Zähler = Anfangswert **TO** Endwert [**STEP** Schrittweite]

Programmsegment

**NEXT** Zähler

Der Parameter **Zähler** ist ein als Schleifenzähler dienender Variablenname. Die Parameter **Anfangswert** und **Endwert** können numerische Werte, numerische Variablen oder numerische Ausdrücke sein. Der optionale Parameter **Schrittweite** kann ein numerischer Wert oder ein numerischer Ausdruck sein, der spezifiziert, um welchen Betrag der Zähler bei jedem Schleifendurchlauf inkrementiert wird. Ein negativer Wert für **Schrittweite** bewirkt, dass der Zähler um den spezifizierten Betrag dekrementiert wird. Das Programmsegment wird so oft ausgeführt, bis der Schleifenzähler den spezifizierten **Endwert** überschreitet.

```
10 OUTPUT 722; "SUB DMM_CONF"
20 OUTPUT 722; "NRDGS 100"
30 OUTPUT 722; "TRIG SGL"
40 OUTPUT 722; "INTEGER I"
50 OUTPUT 722; "FOR I = 1 TO 100"
60 OUTPUT 722; " ENTER A[ I]"
70 OUTPUT 722; "NEXT I"
80 OUTPUT 722; "SUBEND"
90 !
```

```
100 OUTPUT 722; "CALL DMM_CONF"
110 END
```

## WHILE-Schleifen

Der Befehl WHILE definiert eine Schleife, die so lange wiederholt wird, wie der spezifizierte numerische Ausdruck wahr ist. Der Befehl WHILE hat folgende Syntax:

**WHILE** Ausdruck

Programmsegment

ENDWHILE

Die WHILE-Operation ist vom Ergebnis des Tests abhängig, der zu Beginn der Schleife durchgeführt wird. Wenn der Test den Wert "wahr" (ungleich Null) ergibt, wird das Programmsegment zwischen WHILE und ENDWHILE ausgeführt, und anschließend erfolgt ein Rücksprung zu Befehl WHILE. Wenn der Test den Wert "falsch" (Null) ergibt, wird die Programmausführung mit dem auf ENDWHILE folgenden Befehl fortgesetzt.

```
10 OUTPUT 722; "SUB DMM_CONF"
20 OUTPUT 722; "INTEGER I"
30 OUTPUT 722; "LET I=1"
40 OUTPUT 722; "NRDGS 100"
50 OUTPUT 722; "TRIG SGL"
60 OUTPUT 722; "WHILE I <=100"
70 OUTPUT 722; " ENTER A[I]"
80 OUTPUT 722; " LET I=I+1"
90 OUTPUT 722; "ENDWHILE"
100 OUTPUT 722; "SUBEND"
110 !
120 OUTPUT 722; "CALL DMM_CONF"
130 END
```

## IF...THEN-Verzweigung

Der Befehl IF...THEN ermöglicht bedingte Verzweigungen innerhalb von 3458A-Unterprogrammen. Die Syntax des Befehls IF...THEN lautet folgendermaßen:

**IF Ausdruck THEN**

Programmsegment

[ **ELSE** ]

[ Programmsegment ]

**ENDIF**

Jedem Befehl IF...THEN muss innerhalb des gleichen Unterprogramms der Befehl ENDIF folgen. Falls der optionale Befehl ELSE verwendet wird, muss dieser vor dem Befehl ENDIF stehen. Alle Befehle nach IF...THEN und vor ELSE und ENDIF werden ausgeführt, falls der Ausdruck den Wert "wahr" (ungleich Null) ergibt.

Wenn der Ausdruck "wahr" ist, wird die Programmausführung mit dem Segment zwischen IF...THEN und ELSE fortgesetzt. Wenn der Ausdruck "falsch" ist, wird die Programmausführung mit dem Segment nach ELSE fortgesetzt. In beiden Fällen wird das Programm mit dem auf den Befehl ENDIF folgenden Befehl fortgesetzt, sofern keine weiteren Schleifen oder bedingte Verzweigungen existieren.

```

10 OUTPUT 722; "SUB DMM_CONF"
20 OUTPUT 722; "INTEGER I"
30 OUTPUT 722; "LET I=1"
40 OUTPUT 722; "NRDGS 100"
50 OUTPUT 722; "TRIG SGL"
60 OUTPUT 722; "IF I<100 THEN"
70 OUTPUT 722; " ENTER A[I] "
80 OUTPUT 722; " LET I=I+1"
90 OUTPUT 722; "ENDIF"
100 OUTPUT 722; "SUBEND"
110 !
120 OUTPUT 722; "CALL DMM_CONF"
130 END

```

# A Spezifikationen

Eigenschaften und Spezifikationen des Geräts 3458A Multimeter finden Sie auf dem Datenblatt unter  
<http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5965-4971E.pdf>.

## A Spezifikationen

DIESE SEITE WURDE ABSICHTLICH LEER GELASSEN.

# B      GPIB-Befehle

Einführung 462

## Einführung

Die nachfolgend beschriebenen BASIC-Befehle zur Steuerung von GPIB-Schnittstellen (kurz als "GPIB-Befehle" bezeichnet) gelten speziell für Computer HP Serie 200/300. Jeder beliebige IEEE-488-Controller kann diese Nachrichten senden; bei der Syntax kann es allerdings Unterschiede geben. In den Überschriften zu den Befehlsbeschreibungen ist jeweils die entsprechende IEEE-488-Terminologie in Klammern angegeben. Alle Syntax-Beschreibungen und Beispiele beziehen sich auf den Interface Select Code 7 und die Geräteadresse 22. In [Tabelle B-1](#) sind die vom Multimeter unterstützten GP-IB-Funktionen aufgelistet.

**Tabelle B-1** GPIB-Funktionen des Multimeters

| IEEE 488.1-Funktion | Code | Beschreibung  |
|---------------------|------|---|
| Source Handshake    | SH1  | Das Multimeter kann mehrzeilige Nachrichten korrekt senden.   |
| Acceptor Handshake  | AH1  | Das Multimeter kann mehrzeilige Nachrichten korrekt empfangen.  |
| Talker              | T5   | Das Multimeter kann als "Talker" fungieren, d. h. Daten über den GPIB senden und auf eine serielle Abfrage antworten. |
| Listener            | L4   | Das Multimeter kann als "Listener" fungieren, d. h. Daten über den GPIB empfangen.                                    |
| Service Request     | SR1  | Das Multimeter kann asynchron eine Bedienungsanforderung (Service Request) zum Steuercomputer senden.                 |
| Remote/Local        | RL1  | Das Multimeter kann über den GPIB ferngesteuert oder manuell bedient werden.  |
| Parallel Poll       | PPO  | Nicht implementiert.  |
| Device Clear        | DC1  | Das Multimeter kann vom Steuercomputer durch den Befehl DEVICE CLEAR initialisiert werden.                            |
| Device Trigger      | DT1  | Das Multimeter kann über den GPIB getriggert werden.  |
| Controller Function | CO   | Nicht implementiert.  |
| Driver Electronics  | E2   | Bustreiber-Typ Tri-state, max. 1 MByte/s  |

## ABORT 7 (IFC)

Dieser Befehl setzt die GPIB-Schnittstelle des Multimeters zurück.

### Syntax

#### **ABORT 7**

### Beispiel

|         |  |
|---------|--|
| ABORT 7 | ! GPIB-Schnittstelle des Multimeter wird zurückgesetzt |
|---------|--|

## CLEAR (DCL oder SDC)

Das Multimeter wird zurückgesetzt und ist anschließend für neue Befehle bereit.

Der Befehl CLEAR bewirkt folgendes:

- Der Ausgangspuffer wird gelöscht.
- Der Eingangspuffer wird gelöscht.
- Ein in Ausführung befindliches Unterprogramm wird abgebrochen.
- Das Statusregister wird zurückgesetzt; allerdings werden die Bits 4, 5 und 6 nicht zurückgesetzt, falls die ihnen zugeordnete(n) Bedingung(en) weiterhin besteht (bestehen).
- Das Display wird gelöscht.
- Die Triggerung wird deaktiviert (durch Senden eines Multimeterbefehls kann die zuvor aktive Triggerbetriebsart reaktiviert werden).

### Syntax

#### **CLEAR 7**

#### **CLEAR 722**

### Beispiele

|           |  |
|-----------|--|
| CLEAR 7   | ! Alle am Bus angeschlossenen Geräte (Interface Select Code 7) angeschlossenen Geräte werden zurückgesetzt (DCL) |
| CLEAR 722 | ! Das Gerät mit der Adresse 22 (Interface Select Code 7) wird zurückgesetzt (SDC)                                |

## LOCAL (GTL)

Das Multimeter wird aus dem Fernsteuerungsbetrieb auf manuelle Bedienung zurückgeschaltet, und die Tastatur wird reaktiviert (sofern sie nicht mit dem Befehl LOCK gesperrt wurde).

### Syntax

**LOCAL 7**  
**LOCAL 722**

### Anmerkungen

- Falls die Taste LOCAL des Multimeters durch LOCAL LOCKOUT gesperrt wurde, wird die Tastatur durch den Befehl LOCAL 722 zwar reaktiviert, aber durch einen nachfolgenden Fernsteuerungsbefehl wieder deaktiviert. Der Befehl LOCAL 7 schaltet das Multimeter auf manuelle Bedienung um und bewirkt, dass die Tastatur auch nach einem darauffolgenden Fernsteuerungsbefehl aktiv bleibt.

### Beispiele

|           |  |
|-----------|--|
| LOCAL 7   | ! Die GPIB-Leitung REN wird auf FALSE gesetzt (alle Geräte werden auf manuelle Bedienung zurückgeschaltet) (Mit dem Befehl REMOTE 7 kann wieder auf Fernsteuerungsbetrieb umgeschaltet werden) |
| LOCAL 722 | ! Der Befehl GTL wird an das Gerät mit der Adresse 22 gesendet. (Ein nachfolgender Multimeterbefehl oder REMOTE 722 schaltet das Multimeter in den Fernsteuerungsbetrieb zurück).              |

## LOCAL LOCKOUT (LLO)

Dieser Befehl sperrt die Multimeter-Taste LOCAL.

### Syntax

#### **LOCAL LOCKOUT 7**

### Anmerkungen

- Falls das Multimeter sich im Zustand LOCAL befindet, wenn es den Befehl LOCAL LOCKOUT empfängt, bleibt es in diesem Zustand. Falls das Multimeter sich im Zustand REMOTE befindet, wenn es den Befehl LOCAL LOCKOUT empfängt, werden die Taste LOCAL und die Tastatur sofort deaktiviert.
- Nach dem Deaktivieren der Taste LOCAL durch den Befehl LOCAL LOCKOUT können Sie diese Taste nur durch den Befehl LOCAL 7 oder durch Aus- und Wiedereinschalten des Multimeters reaktivieren. Falls die Taste LOCAL des Multimeters durch LOCAL LOCKOUT gesperrt wurde, wird die Tastatur durch den Befehl LOCAL 722 zwar reaktiviert, aber durch einen nachfolgenden Fernsteuerungsbefehl wieder deaktiviert. Der Befehl LOCAL 7 hingegen reaktiviert die Taste LOCAL und bewirkt, dass sie auch nach einem darauffolgenden Fernsteuerungsbefehl aktiv bleibt.
- Falls die Tastatur des Multimeters sowohl durch LOCAL LOCKOUT als auch durch LOCK deaktiviert wurde, müssen Sie zum Reaktivieren der Tastatur beide Sperren separat aufheben. LOCAL LOCKOUT wird durch den Befehl LOCAL aufgehoben. LOCK wird durch den Befehl LOCK OFF aufgehoben.

### Beispiele

|                    |   |
|--------------------|---|
| 10 REMOTE 722      | ! Das Gerät mit der Adresse 22 wird in den    |
| 15                 | ! Fernsteuerungsbetrieb geschaltet            |
| 20 LOCAL LOCKOUT 7 | ! Der Befehl LOCAL LOCKOUT (LLO) wird an alle |
| 30 END             | ! am Bus angeschlossenen Geräte gesendet      |

## REMOTE

Die GPIB-Leitung REN wird auf TRUE gesetzt.

### Syntax

**REMOTE 7**  
**REMOTE 722**

### Anmerkungen

- Der Befehl REMOTE 722 schaltet das Multimeter auf Fernsteuerungsbetrieb um. Der Befehl REMOTE 7 hingegen schaltet das Multimeter nicht auf Fernsteuerungsbetrieb um. Nach Empfang des Befehls REMOTE 7 schaltet das Multimeter erst dann in den Fernsteuerungsbetrieb um, wenn es als Empfänger adressiert wird.
- In den meisten Fällen benötigen Sie den Befehl REMOTE nur nach Anwendung des Befehls LOCAL. REMOTE ist unabhängig von allen anderen GPIB-Aktivitäten und wird über die dafür reservierte Busleitung REN gesendet. Die meisten Steuercomputer setzen nach dem Einschalten oder nach einem Reset die REN-Leitung automatisch auf TRUE.

### Beispiele

**REMOTE 7**                  ! Die REN-Leitung wird auf TRUE gesetzt

Der obige Befehl allein schaltet das Multimeter noch nicht auf Fernsteuerungsbetrieb um. Das Multimeter geht nur dann in den Fernsteuerungsbetrieb über, wenn es als Empfänger adressiert wird (beispielsweise durch OUTPUT 722;"BEEP").

**REMOTE 722**                  ! Die REN-Leitung wird auf TRUE gesetzt, und das Gerät mit der Adresse 22 wird adressiert.

Der obige Befehl schaltet das Multimeter auf Fernsteuerungsbetrieb um.

## SPOLL (Serial Poll)

Der Befehl SPOLL liefert (ebenso wie der im Multimeter-Befehlssatz enthaltene Abfragebefehl STB?) das Dezimaläquivalent der gesetzten Statusregisterbits zurück.

### Syntax

**P=SPOLL (722)**

### Statusregisterbits

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Bedeutungen der einzelnen Bits und deren Dezimaläquivalente.

| Bit-Nummer | Dezimaläquivalent | Beschreibung   |
|------------|-------------------|--|
| 0          | 1                 | Unterprogrammausführung beendet.                                 |
| 1          | 2                 | HI- oder LO-Grenzwert über- bzw. unterschritten.                 |
| 2          | 4                 | SRQ-Befehl ausgeführt  |
| 3          | 8                 | Einschalt-SRQ.   |
| 4          | 16                | Bereit für Befehle.  |
| 5          | 32                | Fehler (Ursache aus dem Inhalt des Fehlerregisters ersichtlich). |
| 6          | 64                | SRQ gesendet.  |
| 7          | 128               | Daten verfügbar.   |

### Anmerkungen

- Wenn das Multimeter den Befehl SPOLL empfängt, während die SRQ-Leitung sich im Zustand TRUE befindet, werden alle Statusregisterbits zurückgesetzt, deren zugeordneter Gerätezustand nicht mehr besteht. Wenn es den Befehl SPOLL empfängt, während die SRQ-Leitung sich im Zustand FALSE befindet, bleibt der Statusregister-Inhalt erhalten.

- Der Befehl SPOLL unterscheidet sich dadurch vom Abfragebefehl STB?, dass STB? einen Interrupt des multimeter-internen Mikroprozessors bewirkt. Deshalb erscheint das Multimeter nach dem Befehl STB? stets "beschäftigt" (Bit 4 = 0). Der Befehl SPOLL hingegen fragt das Statusregister ab, ohne einen Mikroprozessor-Interrupt auszulösen. Daher können Sie mit dem Befehl SPOLL herausfinden, ob das Multimeter zur Ausführung weiterer Befehle bereit ist.
- Falls der Ausgangspuffer zum Zeitpunkt des Befehls SPOLL Daten enthält, bleiben diese erhalten. Falls der Ausgangspuffer zum Zeitpunkt des Befehls STB Daten enthält, bleiben diese erhalten.

### Beispiele

```

10 P=SPOLL (722)           ! Serielle Abfrage wird durchgeführt,
15                           ! Ergebnis wird in die Variable P eingelesen
20 DISP P                   ! Ergebnis wird angezeigt
30 END

```

## TRIGGER (GET)

Falls die Triggerung freigegeben wurde (siehe Befehl TARM), bewirkt der Befehl TRIGGER (Group Execute Trigger) eine einmalige Triggerung des Multimeters; anschließend wird die Triggerung deaktiviert.

### Syntax

**TRIGGER 7**  
**TRIGGER 722**

### Anmerkungen

- Der Befehl TRIGGER generiert, genau wie TRIG SGL, einen Einzeltrigger. Dieser ist jedoch nur dann wirksam, wenn die Triggerung freigegeben wurde (Befehl TARM).
- Wenn die Unterprogramm-Ausführung durch den Multimeterbefehl PAUSE unterbrochen wurde, bewirkt der Befehl TRIGGER die Fortsetzung des Unterprogramms, ohne jedoch einen Einzeltrigger zu generieren.

### Beispiele

```

TRIGGER 7                  ! Der Befehl GET (Group Execute Trigger) wird gesendet
TRIGGER 722                 ! Der Befehl GET (Group Execute Trigger) wird zu dem Gerät
                             mit der Adresse 22 gesendet

```

# C Prozedur zum Sperren der "Front/Rear Terminal"- und "Guard"-Schalter

Einführung **470**

Erforderliche Werkzeuge **471**

Prozedur **472**

C Prozedur zum Sperren der "Front/Rear Terminal"- und "Guard"-Schalter

## Einführung

Sowohl der "Front/Rear Terminal"-Schalter als auch der "Guard"-Schalter können gesperrt werden, um eine Änderung der Einstellung zu verhindern. Hierzu müssen Sie zuerst alle Abdeckungen vom 3458 entfernen. Anschließend entfernen Sie die Betätigungsstangen des Schalters oder der Schalter. Danach bringen Sie Abdeckkappen über den Gehäuseöffnungen an, durch die die Schalter-Betätigungsstangen zuvor hindurchragten. (Die Abdeckkappen sind in dem Zubehörsatz zum Sperren der "Front/Rear Terminal"- und "Guard"-Schalter enthalten.) Zuletzt bringen Sie die Gehäuseabdeckungen wieder an.

### **WARNUNG**

Die nachfolgend beschriebenen Prozeduren dürfen nur von qualifiziertem Service-Personal durchgeführt werden. Zur Vermeidung von Personenschäden dürfen Sie diese Maßnahmen nur dann durchführen, wenn Sie dafür qualifiziert sind.

---

## Erforderliche Werkzeuge

Sie benötigen:

- 1** Pozidriv-Schraubendreher #1
- 2** Inbusschlüssel #TX 15
- 3** Inbusschlüssel #TX 10

C Prozedur zum Sperren der "Front/Rear Terminal"- und "Guard"-Schalter

## Prozedur

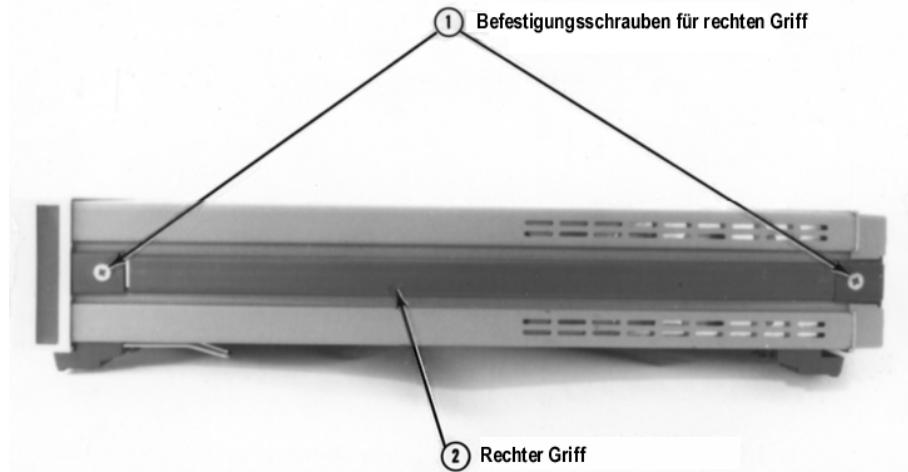
Folgende Schritte sind auszuführen:

- Entfernen der Gehäuseabdeckungen
- Entfernen der Betätigungsstange für den "Guard"-Schalter
- Entfernen der Betätigungsstange für den "Front/Rear Terminal"-Schalter
- Anbringen der Schalterabdeckung
- Wiederanbringen der Gehäuseabdeckungen

### Entfernen der Gehäuseabdeckungen

Gehen Sie folgendermaßen vor:

- 1 Trennen Sie alle Kabel vom 3458 ab.
- 2 Trennen Sie das 3458 vom Stromnetz.
- 3 Drehen Sie das Gerät so, dass es mit seiner rechten Seite (von vorne gesehen) zu Ihnen zeigt (siehe Abbildung C-1).



**Abbildung C-1** Rechte Seite des 3458

- 4** Entfernen Sie mit Hilfe des Pozidriv-Schraubendrehers #1 die Befestigungsschrauben für den rechten Gurt. Nehmen Sie danach den Gurt ab.
- 5** Drehen Sie das Gerät so, dass es mit seiner linken Seite zu Ihnen zeigt (siehe Abbildung C-2).
- 6** Entfernen Sie mit Hilfe des Pozidriv-Schraubendrehers #1 die Befestigungsschrauben für den linken Gurt. Nehmen Sie danach den Gurt ab.
- 7** Entfernen Sie mit Hilfe des Inbusschlüssels #TX 10 die Erdungsschrauben für die obere und die untere Abdeckung (siehe Abbildung C-3).
- 8** Drehen Sie das Gerät so, dass es mit seiner Rückseite zu Ihnen zeigt (siehe Abbildung C-4).
- 9** Entfernen Sie mit Hilfe des Inbusschlüssels #TX 15 die Befestigungsschrauben für den Rückwandrahmen. Nehmen Sie danach den Rückwandrahmen ab.
- 10** Entfernen Sie die obere Gehäuseabdeckung. Ziehen Sie die Abdeckung nach hinten vom Gerät ab.
- 11** Drehen Sie das 3458 um und legen Sie es mit der Oberseite auf den Tisch. Entfernen Sie die untere Gehäuseabdeckung. Ziehen Sie die Abdeckung nach hinten vom Gerät ab. Lassen Sie das Gerät in seiner derzeitigen Position.

- C Prozedur zum Sperren der "Front/Rear Terminal"- und "Guard"-Schalter

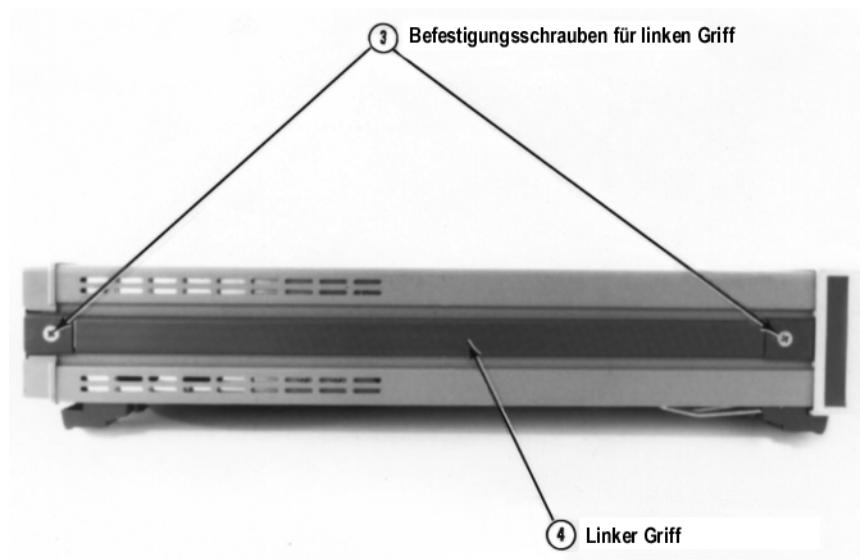


Abbildung C-2 Linke Seite des 3458A

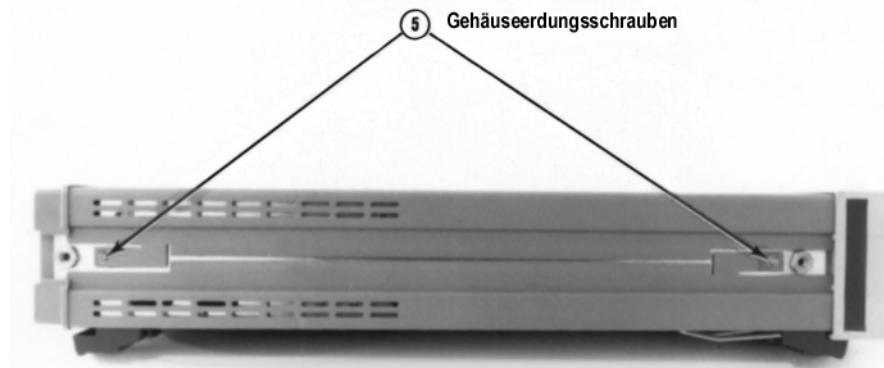
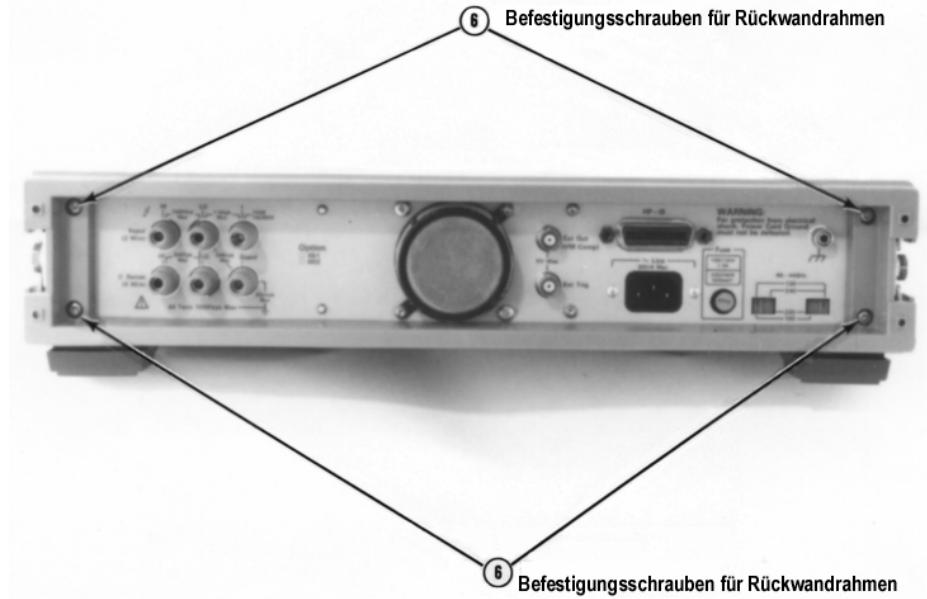


Abbildung C-3 Erdungsschrauben der Abdeckungen



**Abbildung C-4** Rückansicht des 3458

C Prozedur zum Sperren der "Front/Rear Terminal"- und "Guard"-Schalter

Entfernen der Betätigungsstange für den "Guard"-Schalter

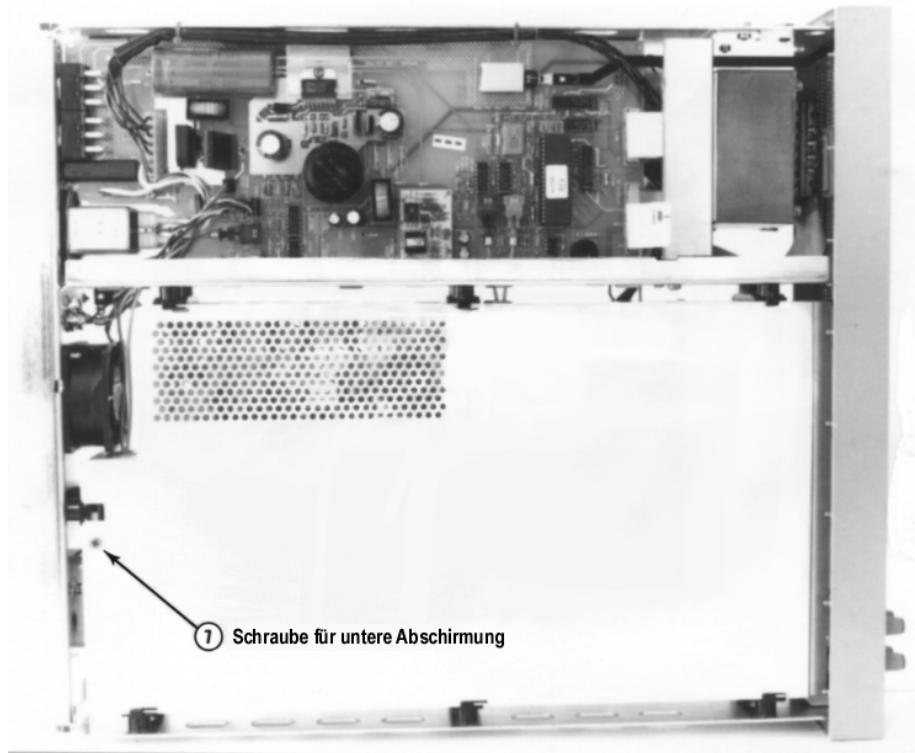
Wenn Sie den "Guard"-Schalter NICHT sperren möchten, fahren Sie mit dem nächsten Abschnitt fort.

- 1 Siehe **Abbildung C-5**. Entfernen Sie mit Hilfe des Inbusschlüssels #TX 10 die Befestigungsschraube der unteren Abdeckung. Nehmen Sie danach die Abdeckung ab. Ziehen Sie die Abdeckung in Richtung Geräterückwand, bis die Haltelaschen für die Abdeckung in einer Linie mit den Schlitzen in der Abdeckung sind. Nehmen Sie die Abdeckung ab.
- 2 **Abbildung C-6** zeigt die Position der Betätigungsstange für den "Guard"-Schalter. Ziehen Sie die Betätigungsstange heraus. Eventuell müssen Sie die Betätigungsstange mit Hilfe eines kleinen Längsschlitzschraubendrehers lockern. Bringen Sie den Schalter in die gewünschte Stellung.
- 3 Siehe **Abbildung C-5**. Bringen Sie die untere Abdeckung wieder an. Richten Sie die Slitze in der Abdeckung an den Haltelaschen aus. Drücken Sie dann die Abdeckung in Richtung Vorderseite des Gerätes, bis das Loch für die Befestigungsschraube sich über dem Gewindeloch im Chassis befindet. Bringen Sie die Abdeckungs-Befestigungsschraube mit Hilfe des Inbusschlüssels #TX 10 wieder an.

Entfernen der Betätigungsstange für den "Front/Rear Terminal"-Schalter

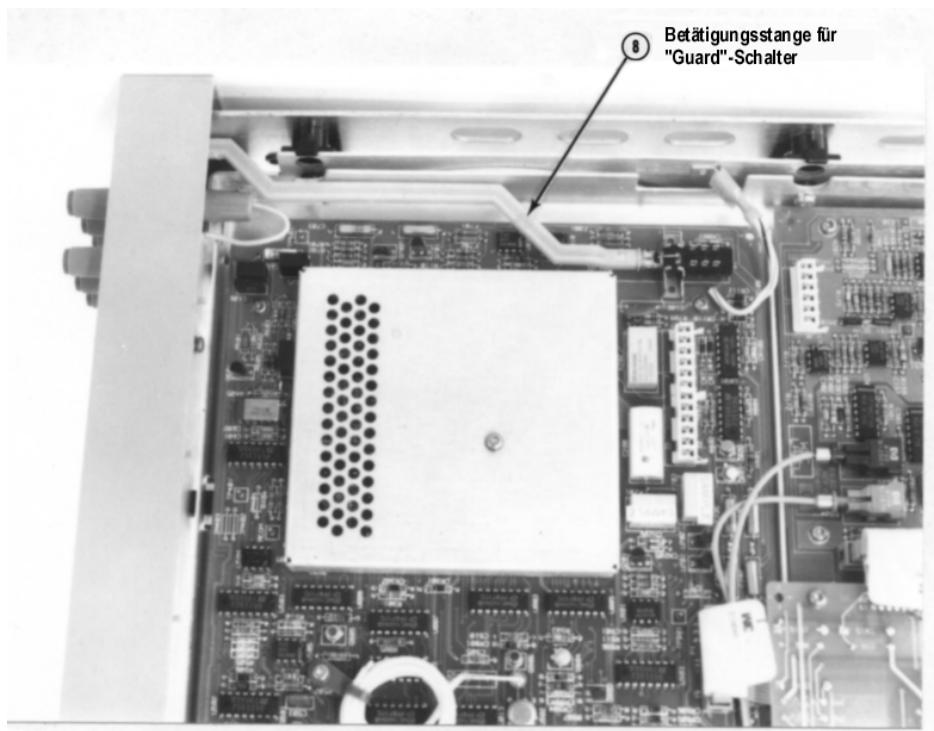
Wenn Sie den "Front/Rear Terminal"-Schalter NICHT sperren möchten, fahren Sie mit dem nächsten Abschnitt fort.

- 1 Siehe **Abbildung C-7**. Drehen Sie das 3458 um und legen Sie es mit der Unterseite auf den Tisch.
- 2 Entfernen Sie mit Hilfe des Inbusschlüssels #TX 10 die Befestigungsschraube der oberen Abdeckung. Nehmen Sie danach die Abdeckung ab. Ziehen Sie die Abdeckung in Richtung Geräterückwand, bis die Haltelaschen für die Abdeckung in einer Linie mit den Schlitzen in der Abdeckung sind. Nehmen Sie die Abdeckung ab.

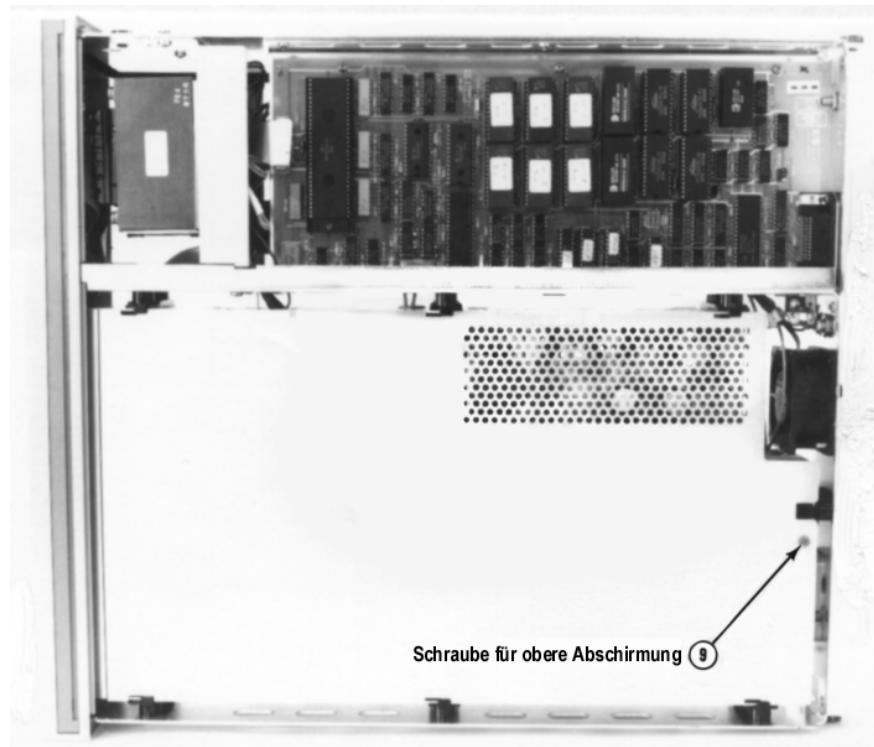


**Abbildung C-5** Position des "Guard"-Schalters und der Betätigungsstange

- C Prozedur zum Sperren der "Front/Rear Terminal"- und "Guard"-Schalter



**Abbildung C-6** Innenansicht des 3458, von unten



**Abbildung C-7** Innenansicht des 3458, von oben

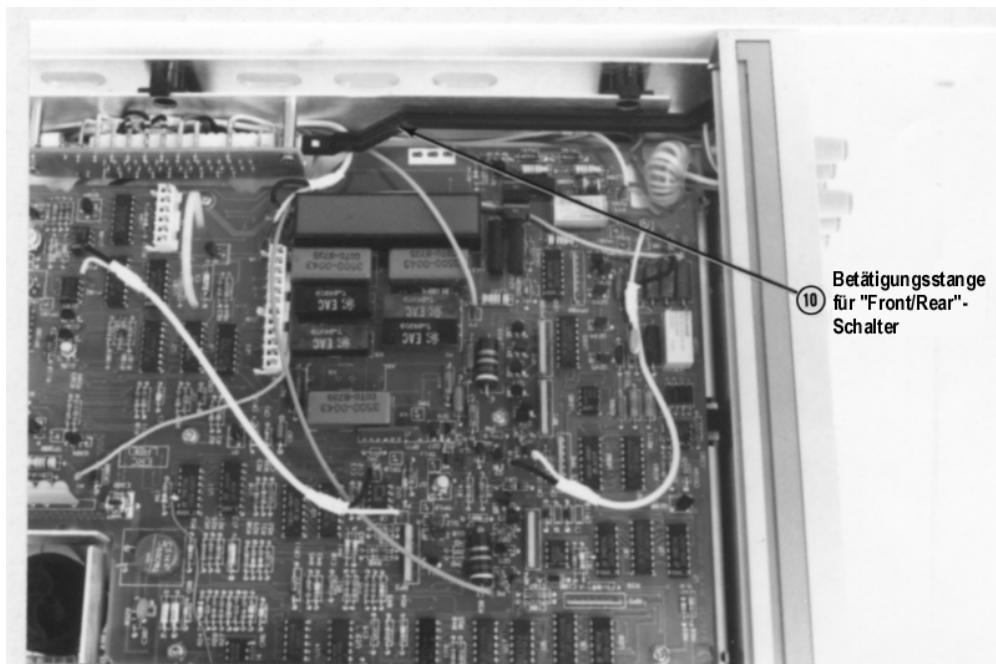
- 3 Abbildung C-8 zeigt die Position der Betätigungsstange für den "Front/Rear Terminal"-Schalter. Ziehen Sie die Betätigungsstange heraus. Eventuell müssen Sie die Betätigungsstange mit Hilfe eines kleinen Längsschlitzschraubendrehers lockern. Bringen Sie den Schalter in die gewünschte Stellung.
- 4 Siehe Abbildung C-7. Bringen Sie die obere Abdeckung wieder an. Richten Sie die Schlitzte in der Abdeckung an den Haltelaschen aus. Drücken Sie dann die Abdeckung in Richtung Vorderseite des Gerätes, bis das Loch für die Befestigungsschraube sich über dem Gewindeloch im Chassis befindet. Bringen Sie die Abdeckungs-Befestigungsschraube mit Hilfe des Inbusschlüssels #TX 10 wieder an.

C Prozedur zum Sperren der "Front/Rear Terminal"- und "Guard"-Schalter

## Anbringen der Abdeckkappe

Gehen Sie folgendermaßen vor:

- 1** Siehe [Abbildung C-9](#). Drehen Sie das Gerät so, dass es mit seiner Vorderseite zu Ihnen zeigt.
- 2** Die Frontplattendurchbrüche für die "Front/Rear Terminal"- und/oder "Guard"-Schalter sind jetzt offen.
- 3** Entnehmen Sie dem Zubehörsatz zum Sperren der "Front/Rear Terminal"- und "Guard"-Schalter die kleinen rechteckigen Abdeckkappen (siehe [Abbildung C-9](#)).
- 4** Richten Sie die seitlichen Laschen der Abdeckkappen an der Ober- und Unterseite der Frontplattenöffnung für den Schalter aus.
- 5** Drücken Sie die Laschen an der Abdeckkappe zusammen und drücken Sie die Abdeckkappe vollständig in die Frontplattenöffnung. Lassen Sie die Abdeckkappe einrasten.
- 6** Wiederholen Sie, falls erforderlich, die Schritte 4 und 5 für die andere Abdeckkappe.



**Abbildung C-8** Position des "Front/Rear Terminal"-Schalters und der Betätigungsstange

C Prozedur zum Sperren der "Front/Rear Terminal"- und "Guard"-Schalter

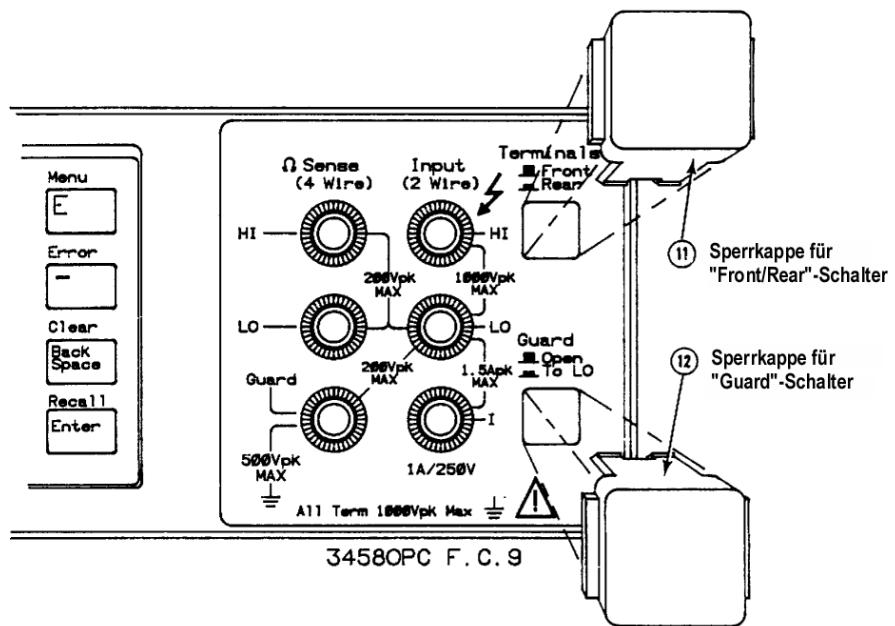


Abbildung C-9 Anbringen der Schalter-Abdeckkappen

## Wiederanbringen der Gehäuseabdeckungen

Gehen Sie folgendermaßen vor:

- 1 Legen Sie das 3458 mit der Oberseite auf den Tisch.
- 2 Bringen Sie die untere Abdeckung wieder an, indem Sie sie in die Schlitze der seitlichen Gussteile des Gerätegehäuses einsetzen. Drücken Sie anschließend die Abdeckung in den Frontplattenrahmen hinein.
- 3 Drehen Sie das 3458 um und legen Sie es mit der Unterseite auf den Tisch.
- 4 Bringen Sie die obere Abdeckung wieder an, indem Sie sie in die Schlitze der seitlichen Gussteile des Gerätegehäuses einsetzen. Drücken Sie anschließend die Abdeckung in den Frontplattenrahmen hinein.
- 5 Siehe [Abbildung C-4](#). Drehen Sie das Gerät so, dass es mit seiner Rückseite zu Ihnen zeigt.
- 6 Bringen Sie den Rückwandrahmen wieder an. Bringen Sie mit Hilfe des Inbusschlüssels #TX15 die Befestigungsschrauben für den Rückwandrahmen wieder an.
- 7 Siehe [Abbildung C-3](#). Drehen Sie das Gerät so, dass es mit seiner linken Seite zu Ihnen zeigt. Bringen Sie mit Hilfe des Inbusschlüssels #TX 10 die Erdungsschrauben für die obere und die untere Abdeckung wieder an.

### WARNUNG

Aus Sicherheitsgründen und zur Gewährleistung der ordnungsgemäßen Funktion des Gerätes ist es unbedingt notwendig, die Abdeckungs-Erdungsschrauben wieder anzubringen.

- 8 Siehe [Abbildung C-2](#). Bringen Sie den linken Gurt wieder an. Bringen Sie mit Hilfe des Pozidriv-Schraubendrehers #1 die Befestigungsschrauben für den Gurt wieder an.
- 9 Siehe [Abbildung C-1](#). Drehen Sie das Gerät so, dass es mit seiner rechten Seite zu Ihnen zeigt.
- 10 Bringen Sie den rechten Gurt wieder an. Bringen Sie mit Hilfe des Pozidriv-Schraubendrehers #1 die Befestigungsschrauben für den Gurt wieder an.

C Prozedur zum Sperren der "Front/Rear Terminal"- und "Guard"-Schalter

**11** Das Gerät ist jetzt betriebsbereit. Keysight empfiehlt, nach dem Wiederanschluss des Gerätes an das Stromnetz eine automatische Kalibrierung durchzuführen. Geben Sie hierzu den Befehl ACAL ALL ein.

# D Optimierung des Datendurchsatzes und der Messrate

|   |     |
|---|-----|
| Kurzbeschreibung des Systemmultimeters 3458A            | 486 |
| Maximierung der Messgeschwindigkeit                     | 488 |
| Zweck dieser Product Note                               | 491 |
| Gleichspannungs-, Gleichstrom- und Widerstandsmessungen | 492 |
| Wechselspannungs- und Wechselstrommessungen             | 499 |
| Optimierung des Testprozesses durch Aufgabenverteilung  | 503 |
| Benchmark-Test  | 507 |

(Aus der Product Note 3458A-1)

In den letzten 15 Jahren haben sowohl die Arbeitsgeschwindigkeiten von Mikroprozessoren als die Übertragungsgeschwindigkeiten der Mikroprozessor-Systembusse enorm zugenommen. Die Taktfrequenzen der in Messgeräten eingesetzten Mikroprozessoren sind von weniger als 1 MHz auf mehr als 12 MHz gestiegen, die Wortbreite der Systembusse wurde von 8 bit auf 16 bit vergrößert.

Noch beeindruckender ist die im gleichen Zeitraum erzielte Steigerung der Arbeitsgeschwindigkeit und Messrate von Systemmultimetern. In 1975 galten 24 Messungen pro Sekunde mit einer Auflösung von 5 1/2 Stellen bereits als sehr schnell; heute führt das Multimeter 3458A bei der gleichen Auflösung nicht weniger als 50.000 Messungen pro Sekunde aus – eine Geschwindigkeitssteigerung um den Faktor 2000! Dieser enorme Geschwindigkeitszuwachs ist nicht allein schnelleren Mikroprozessoren zu verdanken, sondern auch Fortschritten bei A/D-Wandlern, einer effizienteren Nutzung des Mikroprozessors und genauerer Kenntnis der spezifischen Anforderungen von Systemanwendungen.

## Kurzbeschreibung des Systemmultimeters 3458A

Das Multimeter 3458A bietet bei Gleichspannungsmessungen Messraten bis zu 100.000 Messungen pro Sekunde mit einer Auflösung von 4 1/2 Stellen oder Auflösungen bis zu 8 1/2 Stellen bei einer Messrate von 6 Messungen pro Sekunde (wobei zwischen diesen Extremen selbstverständlich auch Zwischenstufen möglich sind). Selbst bei den tendenziell langsameren Messfunktionen wie z. B. Wechselspannungsmessung ist das 3458A wesentlich schneller als ältere Modelle. So ermöglicht das Gerät beispielsweise bis zu 50 Echt-Effektivwert-Wechselspannungsmessungen pro Sekunde mit voller Genauigkeit – und dies selbst bei Eingangsfrequenzen von mehr als 10 kHz. Dass eine höhere Messrate auch einen höheren Testdurchsatz ergibt, leuchtet unmittelbar ein. Darüber hinaus wird der Testdurchsatz aber auch noch von anderen, weniger offensichtlichen Faktoren beeinflusst, insbesondere von den Umschaltzeiten beim Wechseln der Messfunktion, des Messbereichs und der Integrationszeit sowie der Aufgabenverteilung zwischen Multimeter und Steuercomputer. Das 3458A kann bis zu 200 mal pro Sekunde jeweils die Messfunktion und den Bereich wechseln, eine Messung ausführen und deren Ergebnis über den GPIB ausgeben.

## Anwendungsorientierte Befehlssprache

Die Befehlssprache von Multimetern wurde in Richtung größerer Hardware-Unabhängigkeit und Anwendungsorientiertheit weiterentwickelt, um die Programmierung zu vereinfachen. Diese Fortschritte wurden allerdings erkauft durch mehr "Overhead" und langsamere Befehlsausführung. Das Multimeter 3458A wurde in dieser Hinsicht optimiert. Es kombiniert schnelle Befehlsverarbeitung mit einer anwendungsorientierten, einfach zu benutzenden Befehlssprache.

## Inhärent langsame Messungen

Es ist bekannt, dass bestimmte Messungen "inhärent langsam" sind. Hierzu zählen beispielsweise die Messung sehr großer Widerstandswerte oder niedriger Frequenzen, oder Wechselspannungs-/Wechselstrom-Effektivwertmessungen, oder präzise Messungen in Anwesenheit von Rauschen. Doch auch bei diesen inhärent langsamen Messungen lassen sich beträchtliche Durchsatzsteigerungen erzielen. Das 3458A bietet hierfür diverse Möglichkeiten. In vielen Anwendungen kann man beispielsweise die Messgeschwindigkeit steigern, indem man auf eine übertrieben hohe Messgenauigkeit verzichtet. Oder: Bei Effektivwertmessungen lässt sich durch ein flexibleres Timing die Messrate ohne Verlust an Genauigkeit erhöhen. Nachfolgend werden die vom Multimeter 3458A gebotenen Optimierungsmöglichkeiten genauer erläutert.

## Maximierung der Messgeschwindigkeit

### Programmspeicher

Der Testdurchsatz kann auch durch Optimierung der Kommunikation zwischen dem 3458A und dem Steuercomputer gesteigert werden. Das Digitalmultimeter ist in der Regel das schnellste Messgerät im System; wenn der Steuercomputer eine Folge von DMM-Messungen zu steuern hat, ist er u. U. zwischenzeitlich immer wieder mit anderen Messgeräten beschäftigt. Das Multimeter 3458A bietet diverse Möglichkeiten, Messaufgaben optimal zwischen dem Steuercomputer und dem DMM aufzuteilen. Sein einzigartiger, nichtflüchtiger Programmspeicher ermöglicht es, vorprogrammierte Mess-Sequenzen dynamisch durch externe Ereignisse zu steuern, beispielsweise durch ein externes Triggersignal oder durch GPIB-Trigger von einem Sequenzschritt zum nächsten weiterzuschalten.<sup>[1]</sup> Der Programmspeicher ermöglicht es auch, komplette Mess-Sequenzen über die Frontplatte einzugeben und abzurufen, wobei kein externer Steuercomputer erforderlich ist.

### Zustandsspeicher

Der Zustandsspeicher ermöglicht es, eine statische Geräteeinstellung mit einem einfachen Programmierbefehl zu definieren und später wieder abzurufen. Darüber hinaus kann das 3458A im "High-Speed"-Modus bis zu 100.000 Messwerte pro Sekunde über den GPIB oder in den internen Messwertspeicher übertragen oder aus dem Messwertspeicher lesen. Die Kapazität des Messwertspeichers beträgt standardmäßig 10.000 Messwerte und kann bis auf 75.000 Messwerte erweitert werden.

[1] GPIB ist eine Implementation des IEEE-Standards 488 und des damit identischen ANSI-Standard MC1.1 "Digital interface for programmable instrumentation "

## Messdatenanalyse

Weiterhin bietet das 3458A interne Messdatenanalysefunktionen, die den Testdurchsatz erhöhen, automatische Grenzwerttests ermöglichen und Ihnen die Informationen liefern, die Sie für die statistische Qualitätskontrolle benötigen. Das Gerät kann so programmiert werden, dass es einen Steuercomputer-Interrupt auslöst, wenn ein Messwert die für die Math-Operation "Pass/fail" vorgegebenen Grenzwerte verletzt. Alternativ können die zahlreichen Math-Operationen zur nachträglichen Verarbeitung intern gespeicherter Messdaten verwendet werden; in diesem Fall bleibt die volle Messrate erhalten. Das Spektrum an Math-Operationen reicht von statistischen Funktionen (Mittelwert, Standardabweichung, Maximum, Minimum, Anzahl der Messwerte) über Umrechnungsfunktionen (dB, dBm) bis zu Funktionen für Thermistor- oder PTC-Widerstand-Linearisierung, Skalierung und Filterung. Die Entscheidung, ob die Messdaten auf dem Steuercomputer oder im Multimeter analysiert werden sollen, ist von der jeweiligen Messaufgabe abhängig und auch davon, dass die internen Math-Operationen mit einem einzigen Programmierbefehl abrufbar sind.

## Gruppieren von Messaufgaben und Erstellen von Sequenzen

Sie können den Testdurchsatz weiter steigern, indem Sie innerhalb der Mess-Sequenz ähnliche Messaufgaben gruppieren und dadurch die Anzahl der zwischen den verschiedenen Messungen erforderlichen Konfigurationsänderungen minimieren. Steuerprogramme, die ohne Zuhilfenahme eines Programmgenerators erstellt werden, lassen sich problemlos so strukturieren. Die meisten Programmgeneratoren sind für möglichst einfache Programmerstellung konzipiert; sie bieten zwar die Möglichkeit, für jede Gruppe von Messungen individuelle Grenzwerte vorzugeben, erlauben es aber meist nicht, die Messungen für maximalen Durchsatz zu gruppieren. Die Funktionstest-Management-Software FTM 300 hingegen ermöglicht es, die Gruppierung der Messungen für größtmöglichen Durchsatz zu optimieren, und reduziert zugleich den "Programmier-Overhead" für Aufgaben wie statistische Qualitätskontrolle (SQC) um etwa 70%.

## Systemverfügbarkeit

Höhere Systemverfügbarkeit bedeutet auch höheren Testsystemdurchsatz. Das Multimeter 3458A ermöglicht eine vollständige Selbstkalibrierung aller Funktionen einschließlich AC unter Verwendung hochstabiler interner Kalibriernormale. Die Skalierung eliminiert Messfehler durch Zeitdrift oder Änderungen der Umgebungstemperatur und gewährleistet eine hervorragende Messgenauigkeit in jeder Situation. Zur regelmäßigen externen Kalibrierung benötigen Sie lediglich eine hochgenaue 10-V-Gleichspannungsquelle und einen 10 k $\Omega$ -Präzisionswiderstand. Alle Bereiche und Funktionen einschließlich AC werden automatisch mittels hochgenauer interner Transfermessungen relativ zu den externen Kalibriernormalen kalibriert. (Einzelheiten zur Kalibrierung siehe Product Note 3458A-3).

Zur hohen Systemverfügbarkeit des 3458A trägt auch die hohe Zuverlässigkeit der verwendeten Bauteile bei, die durch Keysights "Ausfallminimierungsprogramm "10 X" erreicht wurde. Schon in der Entwicklungsphase werden Keysight-Produkte strengen Umwelt- und Belastungstests unterzogen und dabei auch bewusst unsachgemäß behandelt. Dadurch konnte die Häufigkeit von Defekten und Frühausfällen im Laufe der vergangenen zehn Jahre um den Faktor 10 reduziert werden.

## Zweck dieser Product Note

Die vorliegende Product Note soll Ihnen zeigen, wie Sie die herausragende Messgeschwindigkeit und Messgenauigkeit des Multimeters 3458A voll ausschöpfen können und in Ihrer Anwendung die maximale Messrate und den maximalen Testdurchsatz erzielen. Hierzu werden die von dem Gerät gebotenen Optimierungsmöglichkeiten erläutert, und es wird gezeigt, wie Sie im Systembetrieb mit einem Steuercomputer HP 9000 Serie 200/300 die größtmögliche Leistung erzielen.

## Die wichtigsten Themen dieser Product Note

- DC-Messungen (Spannung, Strom, Widerstand) – Zusammenhänge zwischen Messgeschwindigkeit, Auflösung und Messgenauigkeit; Optimierung dieser Parameter für die jeweilige Anwendung.
- AC-Messungen (analoge ACV-Messung, "Synchronous-Sampling", "Random-Sampling", Wechselstrom) – Auswahl des für Ihre Anwendung optimalen Messverfahrens.
- Frequenz- und Periodenmessungen – Bestimmung der für die gewünschte Messgeschwindigkeit, Messgenauigkeit oder Auflösung erforderlichen Torzeit.
- Optimierung des Testprozesses durch Aufgabenteilung zwischen Steuercomputer und Multimeter – Benutzung der internen Math-Operationen (Echtzeit oder Post-Processing), des Messwertspeichers, des Zustandsspeichers und des Programmspeichers.
- Benchmark-Programme zur Messung des Durchsatzes bei Grenzwerttests und Messungen mit statistischer Messdatenanalyse.

## Gleichspannungs-, Gleichstrom- und Widerstandsmessungen

Das 3458A bietet zwei separate Messpfade: den Standard-DCV-Pfad, der unmittelbar zum A/D-Wandler führt, und einen weiteren Pfad, der zur "Track-and-hold"-Schaltung führt. Die Bandbreite des DCV-Pfades ist auf 150 kHz begrenzt, während der "Track-and-hold"-Pfad für Signale bis zu 12 MHz ausgelegt ist. Die Auflösung des "Track-and-hold"-Pfades ist bei Einzelmessungen auf 16 bit beschränkt. Der DCV-Pfad hingegen unterstützt Auflösungen bis zu 27 bit (8 1/2 Stellen).

### Optimierung des DCV-Pfades

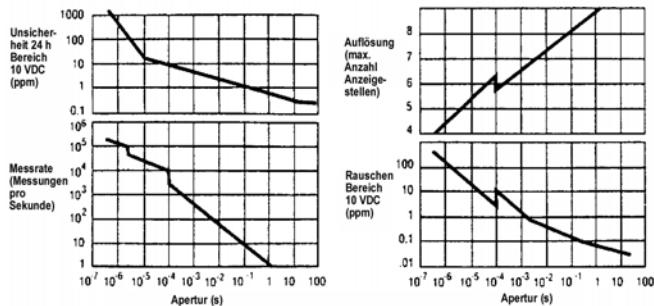
Eine der elementaren Optimierungsmöglichkeiten besteht darin, dass man die Messgeschwindigkeit durch Verringern der Auflösung erhöht. Eines der Ziele bei der Entwicklung des 3458A war die Minimierung des Johnson-Rauschens der resistiven Bauteile in der Messschaltung. Dadurch wurde bei integrierenden Messungen eine Verbesserung der Auflösung um den Faktor 3 erzielt, verglichen mit älteren Digitalmultimetern. Mit dem 3457A, beispielsweise, können Sie innerhalb eines einzigen Netzspannungszyklus (17 ms) 6 1/2 Stellen (Endwert 3000000) messen, mit dem 3458A hingegen 7 1/2 Stellen (Endwert 12,000,000). Auch die Linearität wurde gegenüber dem 3457A um den Faktor 10 verbessert. Das 3458A ermöglicht dadurch schnellere und genauere Messungen als je zuvor. Die höhere Genauigkeit und Auflösung kann entweder als solche genutzt werden oder auch dazu, innerhalb eines einzigen Netzspannungszyklus jetzt die gleiche Genauigkeit und Auflösung zu erzielen, für die bisher 10 Netzspannungszyklen benötigt wurden.

Das 3458A bietet zahlreiche Auflösung/Geschwindigkeit-Kombinationen zur Auswahl, von 4 1/2 Stellen mit 500 ns Integrationszeit bis zu 8 1/2 Stellen bei 1 s Integrationszeit, wobei die Integrationszeit in 100-ns-Schritten variiert werden kann. Es deckt dadurch sowohl Anwendungen ab, bei denen es nur auf Schnelligkeit ankommt, als auch solche, die einen Kompromiss zwischen Auflösung und Geschwindigkeit erfordern und bei denen Netzeinstreuungen keine Rolle spielen. [Abbildung D-1](#) zeigt die Zusammenhänge zwischen Integrationszeit (Aperturzeit), Messgeschwindigkeit, Rauschen, Auflösung und Genauigkeit.

**Abbildung D-1** ist zwar der Einfluss der Apertur- oder Integrationszeit auf die Messrate ersichtlich, nicht aber der Einfluss der HPML-Befehle auf den Durchsatz und einige elementare Funktionen des 3458A. HPML ist eine anwendungsorientierte Befehlssprache, die auf einer einfachen "Philosophie" beruht: Um eine Messung durchführen zu können, brauchen Sie nicht zu wissen, was im 3458A vor sich geht – es genügt, wenn Sie die durchzuführende Messung verstehen. Wenn Sie allerdings den Durchsatz in einer komplexen Anwendung maximieren möchten, müssen Sie mehr von der Funktionsweise des 3458A verstehen, als wenn Sie einfach nur eine Messung durchführen. Viele der zur Auswahl stehenden Optimierungsmöglichkeiten erfordern einen Kompromiss zwischen Geschwindigkeit einerseits und Genauigkeit und einfacher Programmierung andererseits. Den größten Einfluss auf den Durchsatz (genauer: auf die vom Multimeter beeinflussbaren "Durchsatzfaktoren") haben folgende HPML-Befehle:

```
FUNC<DCV, DCI, OHM, FOHM>,<Bereich>,<%_Auflösung>
NPLC #
APER<Integrationszeit in s>
RES <%_Auflösung>
AZERO,<ON oder OFF>
```

Aus **Table D-1** können Sie ersehen, dass die Befehle NPLC und APER in gewisser Weise austauschbar sind. Der wichtigste Unterschied zwischen diesen beiden Befehlen ist der, dass NPLC die Integrationszeit auf ein Vielfaches oder einen Bruchteil der Netzfrequenz einstellt. Der Befehl APER hingegen stellt die Integrationszeit auf einen spezifizierten Zeitwert im Bereich von 500 ns bis 1s (Schrittweite 100 ns) ein. Bei einer Netzfrequenz von 60 Hz, beispielsweise, ist NPLC 1 äquivalent zu APER 0.016666.



**Abbildung D-1** Einfluss der Aperturzeit (oder des NPLC-Wertes) auf Genauigkeit, Messrate, Auflösung und Rauschen.

**Tabelle D-1** Integrationszeit und Abfrage-Antwort.

| Befehl                 | Integrationszeit (APER) |            | Abfrage-Antwort (NPLC?) |               |
|------------------------|-------------------------|------------|-------------------------|---------------|
|                        | 50 Hz                   | 60 Hz      | 50 Hz                   | 60 Hz         |
| NPLC0                  | 500 ns                  | 500 ns     | 25 E-6                  | 29.99994 E-6  |
| NPLC.5                 | 10ms                    | 8.333 ms   | 500 E-3                 | 499.99700 E-3 |
| NPLC 1                 | 20 ms                   | 16.6667 ms | 1                       | 1             |
| NPLC10                 | 200 ms                  | 166.667 ms | 10                      | 10            |
| NPLC 11 <sup>[a]</sup> | 200 ms                  | 166.667 ms | 20                      | 20            |

[a] Bei NPLC > 10 ist die tatsächliche Integrationszeit die gleiche wie bei NPLC 10, es werden jedoch mehrere Messungen durchgeführt. Der im Display angezeigte oder auf den GPIB ausgegebene Wert entspricht dem Mittelwert dieser Messwerte.

Nicht-ganzzahlige NPLC-Werte im Bereich von 1 bis einschließlich 10 werden auf die nächstliegende ganze Zahl aufgerundet. NPLC-Werte > 10, die kein ganzzahliges Vielfaches von 10 sind, werden auf das nächstliegende ganzzahlige Vielfache von 10 aufgerundet. NPLC-Werte < 1 spezifizieren, wie der Befehl APER, die Integrationszeit, jedoch in der Maßeinheit "Netzfrequenz". Wenn Sie beispielsweise NPLC .1 spezifizieren, wird dadurch die Integrationszeit auf ein Zehntel der auf die nächstliegenden 100 ns gerundenen Netzfrequenz eingestellt. Bei 60 Hz Netzfrequenz sind dies 0.0016666 s. Die Abfrage NPLC? ergibt dann den Wert 99.9958E-3 PLC. Wenn Sie NPLC 2.5 spezifizieren, wird die Integrationszeit auf 3 PLC eingestellt. Wenn Sie NPLC 21 spezifizieren, wird die Integrationszeit auf 30 PLC eingestellt. Der Befehl NPLC 0 wählt stets die kürzestmögliche Integrationszeit, nämlich 500 ns oder 29.99994E-6 PLC (bei 60 Hz Netzfrequenz).

Auch der Befehl RES, der die Auflösung in Prozent vom maximalen Eingangswert spezifiziert, und der Auflösungsparameter der Funktionswahlbefehle beeinflussen die Integrationszeit. RES stellt die Integrationszeit auf einen Wert ein, der es dem A/D-Wandler erlaubt, die Messung mit der spezifizierten Auflösung durchzuführen.

Beispiel:

**DCV,20,.001** ! (In diesem Fall wird der Auflösungsparameter des Befehls DCV verwendet)

und

**DCV,20;RES.001**

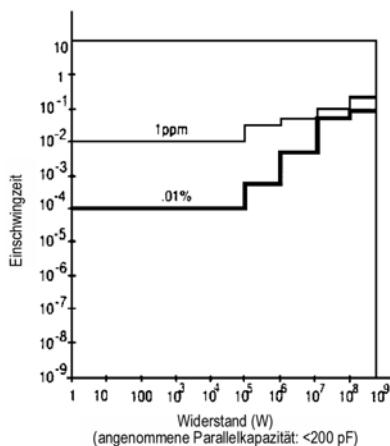
(Im letzteren Fall wird der Auflösungsparameter des Befehls DCV weggelassen und die Auflösung mit dem Befehl RES spezifiziert). In beiden Fällen werden die Messfunktion DCV und der Bereich 100 V gewählt und die Integrationszeit auf 8 µs und die Auflösung auf 0.001% von 20 V eingestellt. Durch einfaches Deaktivieren der "Autozero"-Funktion können Sie die Messrate verdoppeln. Im Einschalt-Zustand des 3458A ist die "Autozero"-Funktion aktiv (AZERO,ON). Bei aktiver "Autozero"-Funktion führt das Multimeter vor jeder Messung eine Referenzmessung durch, bei welcher der Eingang intern kurzgeschlossen und eine etwa vorhandene, temperaturbedingte Offsetspannung gemessen wird. Die Offsetspannung wird bei der nachfolgenden Messung vom "eigentlichen" Messwert subtrahiert und dadurch rechnerisch eliminiert. Für eine einzige Messung sind demnach zwei Messzyklen erforderlich. Diese Prozedur gewährleistet zwar die spezifizierte Messgenauigkeit, hat aber den Nachteil, dass die Messung doppelt so lange dauert, als wenn nur die Eingangsspannung gemessen würde. Wenn Sie das Multimeter in einer thermisch stabilen Umgebung betreiben, können Sie die "Autozero"-Funktion deaktivieren, ohne dass sich dadurch die Kurzzeit-Messgenauigkeit (über Zeiträume in der Größenordnung von 10 Minuten) signifikant verschlechtert. Der Befehl AZERO OFF ist daher (außer den Befehlen zum Spezifizieren der Integrationszeit) der "mächtigste" Befehl, wenn es darum geht, die Messrate zu erhöhen.

## Gleichstrommessung

Die obigen Anmerkungen zu Gleichspannungsmessungen gelten auch für Gleichstrommessungen. Ungeachtet dessen, dass der Stromeingang ein separater Anschluss ist, wird der Befehl DCI in der gleichen Weise angewandt wie DCV. Der Strommesspfad wird durch ein Ankerrelais geschaltet, das nicht so schnell ist wie das für den Spannungs- und Widerstandspfad verwendete Reed-Relais. Daher dauert das Umschalten zwischen der Strommessfunktion und anderen Messfunktionen länger (etwa 30 bis 40 ms) als das Umschalten zwischen DCV und Ohm.

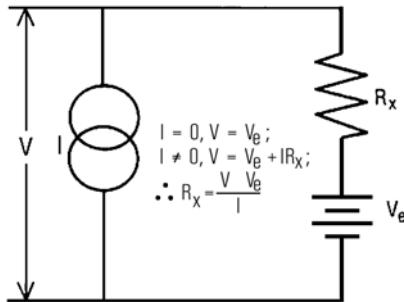
## Widerstandsmessung

Widerstandsmessungen erfordern eine längere Einschwingzeit als Gleichspannungsmessungen. In den Bereichen oberhalb  $10\text{ k}\Omega$  wird eine Verzögerung eingefügt, die sicherstellt, dass bereits beim ersten Messwert die spezifizierte Genauigkeit erreicht wird. Wenn dies nicht unbedingt erforderlich ist, können Sie die längere Einschwingzeit vermeiden, indem Sie die Standard verzögerungszeit wählen. Bevor Sie den **DELAY**-Wert ändern, sollten Sie empirisch die für Ihre Anwendung optimale Einschwingzeit ermitteln. **Abbildung D-2** zeigt die Abhängigkeit der Einschwingzeit, die notwendig ist, damit bereits der erste Messwert die spezifizierte Genauigkeit aufweist, von dem zu messenden Widerstand.



**Abbildung D-2** Einschwingzeit-Charakteristiken für Widerstandsmessungen bei einer angenommenen Kapazität <200 pF parallel zum Messobjekt. Bei kleinen Widerstandswerten bringt eine Verkleinerung des **DELAY**-Wertes gegenüber dem Standardwert keinen signifikanten Vorteil. Widerstandswerte von mehr als  $100\text{ kW}$  erfordern längere Einschwingzeiten. Bei Messungen in diesen Bereichen können Sie durch Verkleinern des **DELAY**-Wertes die Messgeschwindigkeit zu Lasten einer verringerten Messgenauigkeit des ersten Messwertes steigern.

Das 3458 bietet die Möglichkeit, auch bei Widerstandsmessungen die Offsetspannung zu kompensieren. Die Offset-Kompensation für Widerstandsmessungen funktioniert ganz ähnlich wie die "Autozero"-Funktion bei Spannungsmessungen: Vor jeder Messung wird bei abgeschaltetem Messstrom mittels einer Referenzmessung die Offsetspannung bestimmt (siehe **Abbildung D-3**). Bei der nachfolgenden "eigentlichen" Messung wird die zuvor ermittelte Offsetspannung vom Messwert subtrahiert. Diese Art der Widerstandsmessung erfordert demnach, genau wie die "Autozero"-Funktion, zwei Messzyklen. In der Praxis spielen Offsetspannungen bei Widerstandsmessungen nur in den unteren Bereichen eine Rolle. Das 3458A arbeitet mit einem Messstrom von 10 mA, der ausreichend stark ist, um den Einfluss temperaturbedingter Offsetspannungen zumindest zu maskieren. Daher kann in vielen Fällen auch in den unteren Widerstandsbereichen auf die Offset-Kompensation verzichtet werden.



**Abbildung D-3** Die Offset-Kompensation bei Widerstandsmessungen eliminiert den Einfluss kleiner Serienspannungen, die durch Thermoelement-Effekte innerhalb der Messanordnung entstehen können. Hierzu wird zunächst bei abgeschaltetem Messstrom die Spannung über dem Messobjekt gemessen; danach wird der Messstrom eingeschaltet, nochmals die Spannung über dem Widerstand gemessen und die Offsetspannung vom Messwert subtrahiert.

## D Optimierung des Datendurchsatzes und der Messrate

### Optimierung des "Track-and-Hold"-Pfades ("Direct-Sampling" und "Sub-Sampling")

Wie bereits erwähnt wurde, führt der Standard-DCV-Signalpfad direkt zum A/D-Wandler. Dieser Pfad bietet eine Bandbreite von 150 kHz und (wählbare) Auflösungen zwischen 4 1/2 und 8 1/2 Stellen. Der "Track-and-hold"-Pfad bietet eine Bandbreite von 12 MHz und eine Auflösung von 4 1/2 Stellen. Bei diesem Pfad ist zwischen dem Messeingang des Multimeters und dem A/D-Wandler eine 16-bit-"Track-and-hold"-Schaltung angeordnet, die das Eingangssignal kurzzeitig "einfriert". Dieser Pfad erlaubt Gleichspannungsmessungen mit einer Messrate bis zu 50.000 Messungen pro Sekunde. Der "Track-and-hold"-Pfad wird für folgende Messfunktionen verwendet:

DSAC ("Direct-Sampling", AC-Kopplung)  
DSDC ("Direct-Sampling", DC-Kopplung)  
SSAC ("Sub-Sampling", AC-Kopplung)  
SSDC ("Sub-Sampling", DC-Kopplung)

Die Product Note 3458A-2, "High Resolution Digitizing with the 3458A System Multimeter" enthält ausführliche Informationen über die Verwendung dieser Befehle und der zugehörigen Triggerbefehle sowie über die Einschränkungen, die dabei zu beachten sind. Ganz allgemein kann man sagen, dass die durchsatzrelevanten Aspekte dieser Befehle hauptsächlich ACV-Messungen betreffen, bei denen das 3458A den Effektivwert eines repetitiven Signals ("Synchronous-Sampling") oder eines rauschartigen Signals ("Random-Sampling") misst. Im nächsten Abschnitt werden die drei Effektivwert-Messverfahren ausführlich erläutert und deren Vor- und Nachteile dargelegt.

## Wechselspannungs- und Wechselstrommessungen

Das Multimeter 3458A bietet die Wahl zwischen drei verschiedenen Verfahren zur Messung des Echt-Effektivwertes eines AC-Signals: analog, "Synchronous-Sampling" und "Random-Sampling". (Der Echt-Effektivwert eines Signals ist der Wert einer fiktiven Gleichspannung, die einen gegebenen Widerstand im gleichen Maße aufheizen würde wie das zu messende Signal). Bei diesen Messungen wird das Eingangssignal über den "Track-and-hold"-Pfad (siehe [Abbildung D-4](#)) entweder zum A/D-Wandler (analoges Verfahren) oder zur "Track-and-hold"-Schaltung (Sampling-Verfahren) geleitet.

### Analoges Messverfahren

Das analoge Verfahren ermöglicht breitbandige (10 Hz bis 2 MHz) Effektivwertmessungen unter Verwendung eines monolithisch integrierten A/D-Wandlers. Es bietet eine hohe Genauigkeit, die jedoch nicht an die des "Synchronous-Sampling"-Verfahrens heranreicht, und eine relativ große Bandbreite, die jedoch nicht an die des "Random-Sampling"- oder "Synchronous-Sampling"-Verfahrens heranreicht. Dafür ermöglicht es aber innerhalb seiner kleineren Messbandbreite schnellere und genauere Messungen als die beiden anderen Verfahren. Außerdem kann es nicht nur auf repetitive, sondern auch auf rauschartige Signale angewandt werden.

### "Synchronous-Sampling"-Messverfahren

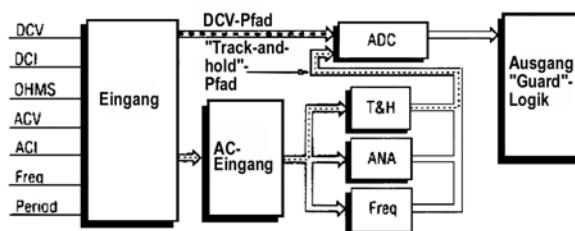
Das "Synchronous-Sampling"-Messverfahren bietet eine Bandbreite von 1 Hz bis 10 MHz bei einer hervorragenden Genauigkeit von bis zu 100 ppm, erfordert jedoch ein repetitives Signal. Die Messrate ist von der Frequenz des Eingangssignals sowie von der geforderten Genauigkeit und Auflösung abhängig. Das Verfahren beruht auf einem einfachen Prinzip: Zunächst wird die Frequenz des Eingangssignals gemessen. Anhand der Frequenz wird entschieden, ob das Signal sequentiell abgetastet wird oder burst-weise in Zeitabständen von jeweils 20 µs. Aus den erfassten Messwerten wird mittels statistischer Methoden der Effektivwert berechnet. Die Anzahl der erfassten Messwerte – ein Maß für die Messgeschwindigkeit – wird von der gewählten Auflösung bestimmt und bestimmt selbst wiederum die Messgenauigkeit.

## "Random-Sampling"-Messverfahren

Das "Random-Sampling"-Messverfahren bietet die gleiche obere Grenzfrequenz wie das "Synchronous-Sampling"-Verfahren und ist zusätzlich auch auf nicht-repetitive Signale oder Rauschen anwendbar. Da die Auflösung von der Anzahl der Abtastwerte abhängig ist, ist dieses Verfahren das am wenigsten genaue und langsamste unter den hochauflösenden ACV-Messverfahren. Das Abtastintervall ist im Bereich von 20 to 40  $\mu$ s mit einer Schrittweite von 10 ns wählbar. Durch Wahl eines geeigneten Abtastintervalls lassen sich Aliasing-Effekte vermeiden (siehe hierzu die Product Note 3458A-2).

## Die Effektivwert-Messverfahren im Vergleich

Alle drei ACV-Messverfahren bieten die Möglichkeit, die Messgenauigkeit zu Lasten der Messgeschwindigkeit zu erhöhen oder umgekehrt, sofern die Eingangssignalfrequenz dies erlaubt. Wie aus [Table D-2](#) hervorgeht, ist die Abhängigkeit der Messrate von der Signalfrequenz beim analogen Messverfahren besonders ausgeprägt: 1 Messung pro Sekunde von 10 Hz bis 1 kHz, 10 Messungen pro Sekunde von 1 kHz bis 10 kHz, und 50 Messungen pro Sekunde von 10 kHz bis 2 MHz. Bei den angegebenen Messraten ist die Einhaltung der Genauigkeitsspezifikationen für analoge ACV-Messungen gewährleistet. Bei allen drei Messverfahren können Sie die Messrate erhöhen, indem Sie entweder die Auflösung verringern oder den DELAY-Wert vom Standardwert auf einen Wert reduzieren, der dem zehnfachen Kehrwert der höchsten Frequenzkomponente des Eingangssignals entspricht. Zur Erfassung eines 1-kHz-Signals, beispielsweise, ist ein DELAY-Wert von mindestens 10 ms erforderlich.



**Abbildung D-4** Die Signalpfade für die drei alternativen Effektivwert-Messverfahren.

**Tabelle D-2** Effektivwert-Messverfahren im Vergleich.

|                           | Analog          | "Synchronous-Sampling" | "Random-Sampling" |
|---------------------------|-----------------|------------------------|-------------------|
| Bandbreite                | 10 Hz bis 2 MHz | 1 Hz bis 10 MHz        | 20 Hz bis 10 MHz  |
| Größtmögliche Genauigkeit | 300 ppm         | 100 ppm                | 1000 ppm          |
| Messrate                  | 50 Mssg./s      | 10 Mssg./s             | 40 Mssg./s        |
| Scheitelfaktor            | 5:1             | 5:1                    | 5:1               |
| Signalformen              | Alle            | Repetitiv              | Alle              |

## Wechselstrommessung

Wechselstrommessungen erfolgen stets nach dem analogen Messverfahren. Gemessen wird der Spannungsabfall über den DCI-Strommesswiderständen. Zwar können Sie bei Wechselstrommessungen nicht zwischen verschiedenen Messverfahren wählen, doch können Sie die Messrate zu Lasten der Genauigkeit erhöhen, indem Sie die Integrationszeit und/oder die Verzögerungszeit (DELAY) reduzieren. Nach einer Faustregel benötigt der A/D-Wandler für eine Effektivwertmessung mindestens zehn Eingangssignalzyklen. Daher hat die Eingangssignalfrequenz einen direkten Einfluss auf die Messrate. Zur Feinabstimmung des Durchsatzes von ACV- oder ACI-Messungen auf die jeweilige Anwendung ist u. U. eine Charakterisierung des 3458A erforderlich.

## Frequenz- oder Periodenmessung

Auch für Frequenz- und Periodenmessungen wird der "Track-and-hold"-Pfad verwendet. Das 3458A kann Frequenzen zwischen 10 Hz und 10 MHz mit 7½-stelliger Auflösung bei einer maximalen Torzeit von einer Sekunde messen. Durch Reduzieren der Torzeit des internen Frequenzzählers können Sie die Messgeschwindigkeit zu Lasten der Genauigkeit und Auflösung erhöhen. **Table D-3** zeigt den Zusammenhang zwischen Torzeit, Auflösung und Messrate.

## D Optimierung des Datendurchsatzes und der Messrate

**Tabelle D-3** Zusammenhang zwischen Torzeit, Auflösung und Messrate.

| Torzeit   | Auflösung     | Messrate    |
|-----------|---------------|-------------|
| 1 Sekunde | 7 1/2 Stellen | 1 Mssg./s   |
| 0.1 s     | 6 1/2         | 10 Mssg./s  |
| 0.01 s    | 5 1/2         | 73 Mssg./s  |
| 0.001 s   | 4 1/2         | 215 Mssg./s |
| 0.0001 s  | 3 1/2         | 270 Mssg./s |

Nachdem Sie die Multimeterkonfiguration in der Weise optimiert haben, dass Sie bei höchstmöglicher Messgeschwindigkeit die geforderte Genauigkeit erzielen, können Sie den Durchsatz durch eine optimale Aufgabenverteilung zwischen Multimeter, Steuercomputer und anderen Systemkomponenten noch weiter erhöhen. Wie bereits in der Einleitung zu dieser Product Note erwähnt wurde, ist das Digitalmultimeter meist das schnellste Messgerät im System. Daher wird der System-Durchsatz nicht unbedingt durch die Messrate des Multimeters begrenzt. Durch seine erweiterten Funktionen kann das 3458A den Steuercomputer von Aufgaben wie z. B. statistische Berechnung, Thermistor-Linearisierung oder Grenzwertüberwachung entlasten, was ebenfalls zu einem höheren System-Durchsatz beiträgt. Ermöglicht wird dies durch die internen Math-Operationen, den Messwertspeicher, den Zustandsspeicher und den Programmspeicher.

Der Zeitbedarf für die Messdatenübertragung zum Steuercomputer und die Übertragung von Befehlen zum Multimeter ist vom verwendeten Steuercomputer abhängig. Die "GPIB-Turnaround-Zeit", d. h. der Zeitbedarf für die Ausführung von OUTPUT- und ENTER-Operationen ist in besonders hohem Maße vom Steuercomputer abhängig. Der Programmspeicher, der Messwertspeicher, der Zustandsspeicher und die Post-Processing-Math-Operationen verringern allesamt den GPIB-Overhead; dies mindert die Abhängigkeit des System-Durchsatzes vom Steuercomputer.

# Optimierung des Testprozesses durch Aufgabenverteilung

## Mathematische Operationen

Die Math-Operationen verringern zwar zunächst einmal die Messgeschwindigkeit des 3458A, doch ist in vielen Fällen das Ergebnis schneller verfügbar, wenn das 3458A zumindest einen Teil der erforderlichen mathematischen Operationen ausführt. Dies gilt in besonderem Maße für automatische Grenzwerttests, bei denen der Steuercomputer nur im Falle einer Grenzwertverletzung alarmiert wird. Falls die Messdaten statistisch ausgewertet werden müssen, ist es wesentlich einfacher, diese Aufgabe dem Multimeter zu überlassen, statt ein entsprechendes Steuercomputerprogramm zu schreiben. Das 3458A enthält einen sehr leistungsfähigen Mikroprozessor Motorola 68000 mit 8 MHz Taktfrequenz; es bietet dadurch in vielen Fällen die gleiche Rechenleistung wie der Steuercomputer.

## Datenspeicherung

Der interne Speicher des 3458A kann dazu benutzt werden, bis zu 10.000 Messwerte (20 kByte) zwischenspeichern, um sie später zum Steuercomputer zu übertragen. Durch Option 001 lässt sich die Speicherkapazität um weitere 65.000 Messwerte (128 kByte) erweitern. Die Datenübertragungsrate zum und vom Messwertspeicher und die GPIB-Übertragungsrate zu einem Steuercomputer HP 9000 Serie 200/300 mit DMA-fähiger GPIB-Karte beträgt 100.000 Messwerte pro Sekunde. Der große Vorteil des Messwertspeichers besteht darin, dass der Steuercomputer die Messdaten dann abrufen kann, wenn es für ihn günstig ist, und das System nicht dadurch "ausgebremst" wird, dass der Steuercomputer auf Messergebnisse warten muss. (Bei langer Integrationszeit, langer Einschwingzeit oder Mittelung über zahlreiche Messwerte kann auch das schnellste Digitalmultimeter zum "Flaschenhals" des Systems werden).

## Ausgabeformate

Das 3458A bietet die Wahl zwischen fünf verschiedenen Datenformaten für die Messwertspeicherung und GPIB-Datenübertragung: SINT (Single Integer), DINT (Double Integer), SREAL (Single Real, vier Byte, IEEE-728-konform), DREAL (Double Real, acht Byte, IEEE-728-konform) und ASCII. Das schnellste Format ist SINT. Dies ist ein 16-bit-Integer-Format, das nur in Verbindung mit einer Bereichsinformation verwendbar ist, anhand derer die Position des Dezimalpunkts bestimmt werden kann. Wegen der Beschränkung auf 16 Bits können nur maximal 4 1/2 Messwertstellen in diesem Format dargestellt werden; bei höherer Auflösung muss eines der übrigen Formate verwendet werden. Das nächstschnellste Format ist DINT (Double Integer). Dies ist ein 32-bit-Integer-Format, das alle verfügbaren Auflösungen unterstützt, aber ebenfalls die Übertragung einer zusätzlichen Bereichsinformation erfordert. Das SREAL-Format verwendet vier Bytes und ermöglicht dadurch die Darstellung kompletter Messwerte einschließlich der Bereichsinformation. Der Steuercomputer muss dieses Format unterstützen und in der Lage sein, es in das ASCII-Format zu konvertieren. Das langsamste Format ist ASCII. Für jeden Messwert werden 18 Datenbytes benötigt; bei der Übertragung zum Steuercomputer kommen jeweils noch ein Wagenrücklauf- und ein Zeilenvorschub-Code hinzu. Viele Anwendungen erfordern zwar eine schnelle Messdatenerfassung, aber keine besonders schnelle Übertragung zum Steuercomputer. In solchen Fällen sollten Sie SREAL als Speicherformat und ASCII als GPIB-Ausgabeformat verwenden. Die Formate DINT und SINT können von Computern HP 9000 Serie 200/300 direkt (ohne vorherige Konvertierung) verarbeitet werden. Fast alle Messgerätecontroller unterstützen ASCII-Formate.

In Anwendungen, die Funktions- oder Bereichsumschaltungen zwischen den Messungen erfordern und bei denen die Messergebnisse im Computer gespeichert werden, ist es oft zweckmäßig, einen kleinen Geschwindigkeitsverlust in Kauf zu nehmen und als Speicherformat DREAL oder SREAL zu verwenden. Dadurch entfällt das bei den Formaten SINT und DINT erforderliche Verfolgen der Skalierungsfaktoren.

## Zustandsspeicher und Programmspeicher

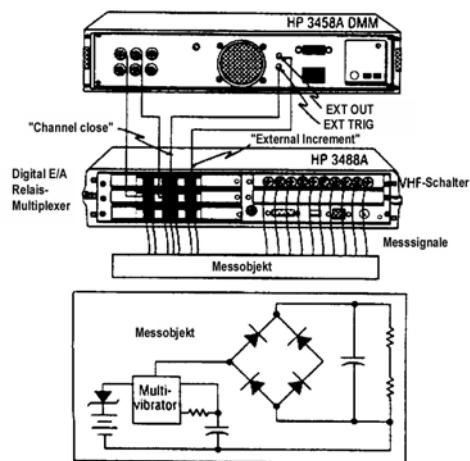
Durch Nutzung des Zustands- und/oder Programmspeichers können Sie unter Umständen bei Ihren Messungen viel Zeit sparen. Der Zustandsspeicher ermöglicht es, mit einem einzigen GPIB-Befehl einen bestimmten Gerätezustand herzustellen. Durch Initialisierungsroutinen können die Zustände konfiguriert werden, die der Programmierer im Steuerprogramm während der System-Totzeiten verwenden will; später können diese Zustände dann je nach Bedarf abgerufen werden.

Der Programmspeicher ermöglicht eine interne Programmierung dynamischer Abläufe. Bei Ausführung der im Programmspeicher abgelegten Befehle ändert sich der Zustand des 3458A dynamisch – genauso, als ob das Gerät die betreffenden Befehle vom Steuercomputer empfangen würde. Die erfassten Messwerte können zunächst im Messwertspeicher abgelegt und später zu einem geeigneten Zeitpunkt im Rohformat zum Steuercomputer übertragen oder multimeter-intern im Post-Processing-Verfahren verarbeitet werden. Auch hier wieder kann der Steuercomputer mit einem einzigen GPIB-Befehl eine komplette Mess-Sequenz auslösen. Noch wichtiger als die dadurch erzielte Zeiterspartnis ist jedoch, dass der Parser im 3458A beim Einspeichern des Unterprogramms die Befehle compiliert – sie werden dadurch wesentlich schneller ausgeführt als entsprechende Befehle, die das Gerät direkt vom Steuercomputer empfängt. Ein im Multimeter gespeichertes Unterprogramm kann sowohl andere Unterprogramme aufrufen als auch auf den Zustandsspeicher zugreifen. Dadurch wird die Programmierung komplexer Abläufe erheblich erleichtert.

## Messliste

Die größte Effizienz beim Systemeinsatz erzielen Sie, wenn Sie im Programmspeicher eine Messliste erstellen, die das Pendant zu einer Kanalliste im Multiplexer ist. Der Multimeter-Ausgang "External Output" ist mit dem Multiplexer-Eingang "Channel Advance" zu verbinden, und der Multiplexer-Ausgang "Channel Closed" mit dem Multimeter-Eingang "External Trigger". Bei einer solchen Konfiguration spielt es keine Rolle, wie lange der Multiplexer zum Schließen eines Kanals oder das Multimeter zur Ausführung einer Messung braucht – die beiden Geräte triggern einander genau dann, wenn sie mit ihrer Aufgabe fertig sind. WAIT-Befehle oder "vorsorgliche" Verzögerungen, die die Messgeschwindigkeit herabsetzen würden, entfallen dabei. Außerdem reduziert dieses Verfahren den GPIB-Datenverkehr, was der Systemgeschwindigkeit zugute kommt, und es vereinfacht die Programmierung.

**Abbildung D-5** zeigt ein Beispiel für ein System, bei dem ein Multimeter 3458A mit einer Schalteinheit 3488A in der beschriebenen Weise interagiert. Das Multimeter führt in diesem Fall einfache Wechselspannungs-, Gleichspannungs- und Widerstandsmessungen aus. In diesem Fall ist der Zeitbedarf für Funktions- oder Bereichsumschaltungen für die Systemgeschwindigkeit von entscheidender Bedeutung, weil in jedem Kanal nacheinander alle drei Messungen durchgeführt werden und erst danach zum nächsten Kanal weitergeschaltet wird. Diese Vorgehensweise ist deshalb zweckmäßig, weil die Schalteinheit 3488A für die Kanalfortschaltung relativ viel Zeit, nämlich 25 ms, benötigt. (Das verwendete Multiplexermodul arbeitet mit äußerst vielseitigen, aber dafür relativ langsamen Ankerrelais). Bei Verwendung von Reed-Relais wäre es unter Geschwindigkeitsaspekten günstiger, zuerst die Wechselspannungsmessung in allen Kanälen durchzuführen, dann die Gleichspannungsmessung in allen Kanälen und dann die Widerstandsmessung in allen Kanälen (sofern die Testsituation dies erlaubt).



**Abbildung D-5** Bei dieser Konfiguration wird das Multimeter durch eine Messliste und die Schalteinheit durch eine korrespondierende Kanalliste gesteuert; beide Geräte triggern sich gegenseitig. Dies erhöht den Testdurchsatz.

## Benchmark-Test

Der nachfolgend beschriebene Benchmark-Test verdeutlicht die Einflüsse verschiedener Multimeterfunktionen auf die Messgeschwindigkeit. Er beginnt mit der einfachsten, aber auch langsamsten Art der Programmierung: Der Steuercomputer gibt dem Multimeter den Befehl, eine bestimmte Messfunktion zu wählen, eine Messung auszuführen und das Messergebnis über den GPIB zu übertragen. Der Benchmark-Test setzt voraus, dass alle Messungen unter Verwendung eines idealen FET-Multiplexers mit unendlich hoher Schaltgeschwindigkeit und unendlich großem Dynamikbereich durchgeführt werden. Es handelt sich hierbei um eine fiktive Situation, die jedoch die Vor- und Nachteile der verschiedenen Programmierkonzepte deutlich macht. Als Steuercomputer wird ein Modell der Familie HP 9000 Serie 200/300 verwendet. Die Zeiten für andere Computer sind von der "GPIB-Turnaround-Zeit" des jeweiligen Computers abhängig. **Abbildung D-6** zeigt eine Zusammenfassung der Benchmark-Testergebnisse.

Der Test umfasst folgende Messungen:

25 Widerstandsmessungen

$15 < 10 \text{ kOhm} \pm 5\%$

$8 < 100 \text{ kOhm} \pm 5\%$

$2 < 10 \text{ kOhm} \pm 0.001\%$

10 Gleichspannungsmessungen

$5 < 30 \text{ V} \pm 1\%$

$4 < 10 \text{ V} \pm 0.01\%$

$1 < 1 \text{ V} \pm 0.001\%$

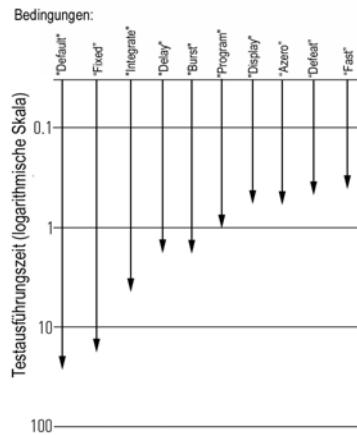
3 Wechselspannungsmessungen

$1 < 250 \text{ V} @ 50 \text{ Hz} @ \pm 5\%$

$1 < 10 \text{ V} @ 25 \text{ kHz} @ \pm 0.1\%$

$1 < 1 \text{ V} @ 5 \text{ kHz} @ \pm 0.075\%$

## D Optimierung des Datendurchsatzes und der Messrate



**Abbildung D-6** Benchmark-Ausführungszeiten für verschiedene Multimeterkonfigurationen.

Bevor die Betriebsspannung an das Testobjekt angelegt wird, werden zunächst die Widerstandswerte gemessen. Danach wird die Netzspannung überprüft. Dann wird überprüft, ob die Spannung des 5-kHz-Signals innerhalb der Toleranzgrenzen ( $1 \text{ V} \pm 0.075\%$ ) liegt. Schließlich werden die übrigen Spannungen in folgender Reihenfolge auf Einhaltung der Toleranzgrenzen kontrolliert:

- 2 DCV <10 V  $\pm 1\%$
- 1 DCV <10 V  $\pm .01\%$
- 2 DCV <10 V  $\pm 1\%$
- 1 DCV <1 V  $\pm .001\%$
- 1 ACV <10 V  $\pm .1\%$
- 1 DCV <10 V  $\pm 1\%$
- 3 DCV <10 V  $\pm .01\%$

## Benchmark-Ergebnisse

*Standardbedingungen:* (Unterprogramm "Default") Ausführungszeit = 20.63 s.

```

560 SUB Default(REAL Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
570 DIM A(37)
580 Exe_time=TIMEDATE
590 OUTPUT 722;"RESET;TRIG SYN"
600 OUTPUT 722;"OHM"
610 FOR I=1 TO 23
620 ENTER 722;A(I)
630 NEXT I
640 OUTPUT 722;"OHMF"
...
780 ENTER 722;A(I)
790 NEXT I
800 Exe_time=TIMEDATE-Exe_time
810 Dnld_time=0
820 Tns_time=0
830 SUBEND

```

Das 3458A wird vom Steuercomputer auf Fernsteuerungsbetrieb geschaltet und in die Grundeinstellung gebracht. Die Integrationszeit wird auf 10 PLC eingestellt, die DELAY-Werte werden so gewählt, dass schon der erste Messwert nach einer Messfunktions- oder Bereichsumschaltung die spezifizierte Genauigkeit aufweist. Die automatische Bereichswahl wird aktiviert. Der Steuercomputer weist das Multimeter an, den Bereich oder die Messfunktion oder die Integrationszeit für 10 der 37 Messungen zu wechseln. Die übrigen Messungen erfolgen blockweise in der gleichen Multimeterkonfiguration.

*Fester Bereich:* (Unterprogramm "Fixed") Ausführungszeit = 15.98 s.

```

840 SUB Fixed(REAL Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
850 DIM A(37)
860 Exe_time=TIMEDATE
870 OUTPUT 722;"RESET;TRIG SYN"
880 OUTPUT 722;"OHM,1E4"
890 FOR I=1 TO 15
900 ENTER 722;A(I)
910 NEXT I
920 OUTPUT 722;"OHM,1E5
...
1110 ENTER 722:A(I)
1120 NEXTI
1130 Exe_time=TIMEDATE-Exe_time
1140 Dnld_time=0

```

## D Optimierung des Datendurchsatzes und der Messrate

```
1150 Tns_time=0  
1160 SUBEND
```

Die Testsituation unterscheidet sich dadurch von der vorigen, dass die Bereiche nicht automatisch gewählt, sondern vom Steuercomputer individuell vorgegeben werden.

*Integrationszeit modifizieren:* (Unterprogramm "Integrate") Ausführungszeit = 3.76 s.

```
1170 SUB Integrat(REAL Dnld_time,Exe_time,Tns_time)  
1180 DIM A(37)  
1190 Exe_time=TIMEDATE  
1200 OUTPUT 722;"PRESET"  
1210 OUTPUT 722;"OHM,1E4;NPLC 0"  
1220 FOR I=1 TO 15  
1230 ENTER 722;A(I)  
1240 NEXT I  
1250 OUTPUT 722;"OHM,1E5"  
  
...  
1410 ENTER 722;A(34)  
1420 OUTPUT 722;"DCV,10;NPLC 0"  
1430 FOR I=35 TO 37  
1440 ENTER 722;A(I)  
1450 NEXT I  
1460 Exe_time=TIMEDATE-Exe_time  
1470 Dnld_time=0  
1480 Tns_time=0  
1490 SUBEND
```

Die Testsituation unterscheidet sich dadurch von der vorigen, dass statt der Standard-Integrationszeit (10 PLC) für jede Messung eine individuell vorgegebene Integrationszeit verwendet wird, die auf die geforderte Auflösung und Genauigkeit abgestimmt ist.

*Verzögerungszeit modifizieren:* (Unterprogramm "Delay") Ausführungszeit = 1.48 s.

```
1500 SUB Delay(REAL Dnld_time,Exe_time,Tns_time)  
1510 DIM A(37)  
1520 Exe_time=TIMEDATE  
1530 OUTPUT 722;"PRESET"  
1540 OUTPUT 722;"OHM,1E4;NPLC 0;DELAY 0  
1550 FOR I=1 TO 15  
  
...  
1730 OUTPUT 722;"ACV,10;ACBAND 5000;APER 20E-6;DELAY .01"  
1740 ENTER 722;A(34)
```

```

1750 OUTPUT 722;"DCV,10;NPLC 0;DELAY 0"
1760 FOR I=35 TO 37
1770 ENTER 722;A(I)
1780 NEXT I
1790 Exe_time=TIMEDATE-Exe_time
1800 Dnld_time=0
1810 Tns_time=0
1820 SUBEND

```

Die Testsituation unterscheidet sich dadurch von der vorigen, dass statt der Standard-Verzögerungszeit für jede Messung eine individuell vorgegebene Verzögerungszeit verwendet wird, die auf die geforderte Messgenauigkeit abgestimmt ist.

*Verwendung des Messwertspeichers:* (Unterprogramm "Burst")

Testausführungszeit = 1.42 s

Zeitbedarf für Messdatenübertragung = 0.18 s

```

1830 SUB Burst(REAL Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
1840 DIM A(37)
1850 Exe_time=TIMEDATE
1860 OUTPUT 722;"PR
ESET;MEM FIFO;MFORMAT SREAL
1870 OUTPUT 722;"OHM,1E4;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 15;TRIG SGL
1880 OUTPUT 722;"OHM,1E5;NRDGS 8;TRIG SGL
...
1940 OUTPUT 722;"DCV,10;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 3;TRIG SGL
1950 Exe_time=TIMEDATE-Exe_time
1960 Dnld_time=0
1970 Tns_time=TIMEDATE
1980 FOR I=1 TO 37
1990 ENTER 722;A(I)
2000 NEXT I
2010 Tns_time=TIMEDATE-Tns_time
2020 SUBEND

```

Die Struktur dieses Unterprogramms unterscheidet sich wesentlich von denjenigen der bisherigen. Die erfassten Messwerte werden jetzt nicht mehr direkt zum Steuercomputer übertragen, sondern in den Messwertspeicher geschrieben. Erst nach Abschluss der Mess-Sequenz werden die Messwerte mithilfe einer FOR-NEXT-Schleife in den Steuercomputer eingelesen. Dadurch gestaltet sich die Datenübertragung etwas einfacher, aber eine signifikante Geschwindigkeitssteigerung ist nicht festzustellen. Wenn die Messwerte mit dem Befehl TRANSFER in den Steuercomputer eingelesen würden, ergäbe sich eine größere Zeitersparnis.

## D Optimierung des Datendurchsatzes und der Messrate

*Verwendung des Programmspeichers:* (Unterprogramm "Program")

Testausführungszeit = 1.06 s

Zeitbedarf für das Herunterladen des Unterprogramms = 0.260 s

Zeitbedarf für Messdatenübertragung = 0.17 s

```
2030 SUB Program(REAL Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
2040 DIM A(37)
2050 Dnld_time=TIMEDEATE
2060 OUTPUT 722;"PRESET;MFORMAT SREAL."
2070 OUTPUT 722;"SUB 1;MEM FIFO;OHM,1E4;NPLC 0;DELAY0;NRDGS 15;TRIG SGL"
2080 OUTPUT 722;"OHM,1E5;NRDGS 8:TRIG SGL"
2090 OUTPUT 722;"OHMF,1E3;APER 20E-6;DELAY-1;NRDGS 2;TRIG SGL
2100 OUTPUT 722;"ACV,250;ACBAND 250;DELAY.1;NRDGS 1;TRIG SGL"
2110 OUTPUT 722;"ACV 10;ACBAND 25000;DELAY .01;TRIG SGL
2120 OUTPUT 722;"DCV,10;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 6;TRIG SGL"
2130 OUTPUT 722;"ACV,10:ACBAND 5000;APER 20E-6;DELAY.01;NRDGS 1;TRIG SGL
2140 OUTPUT 722;"DCV,10;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 3;TRIG SGL;SUBEND"
2150 Dnld_time=TIMEDEATE-Dnld_time
2160 Exe_time=TIMEDEATE
2170 OUTPUT 722;"CALL 1"
2180 Exe_time=TIMEDEATE-Exe_time
2190 Tns_time=TIMEDEATE
2200 FOR I=1 TO 37 2210ENTER 722:A(I)
2220 NEXT I
2230 Tns_time=TIMEDEATE-Tns_time
2240 SUBEND
...
...
```

Dieses Unterprogramm weist wiederum eine andere Struktur auf. Jetzt wird das Testprogramm in seiner zuletzt modifizierten Form als Unterprogramm SUB 1 in das Multimeter heruntergeladen. Beim Herunterladen wird das Unterprogramm automatisch vom Multimeter kompiliert. Die Ausführung der Befehlsfolge beginnt, wenn das im Multimeter gespeicherte Unterprogramm mit dem Befehl CALL 1 aufgerufen wird. Die Messwerte werden nach Ausführung des Unterprogramms zum Steuercomputer übertragen.

Beachten Sie, dass das im Steuercomputer ablaufende Unterprogramm während der Ausführung des multimeter-internen Unterprogramms anhält. Wenn Sie eine Fortsetzung des im Steuercomputer ablaufenden Unterprogramms wünschen, müssen Sie den OUTPUT-Befehl zum Starten des multimeter-internen Unterprogramms folgendermaßen modifizieren:

```
OUTPUT 722 USING "#,K"; "CALL 1"
```

Der Formatspezifizierer "#,K" bewirkt eine Unterdrückung der Zeilenende-Codes (EOL). Wenn das 3458A den Befehl ohne Abschlusszeichen empfängt, gibt es den GPIB sofort wieder frei, sodass der Steuercomputer mit der Ausführung seines eigenen Programms oder Unterprogramms fortfahren kann. Beachten Sie, dass die Ausführungszeit für den Benchmark-Test jetzt wesentlich kürzer ist als bei dem obigen Programm, das nur den Messwertspeicher benutzt.

*Display aus:* (Unterprogramm "Display")

Testausführungszeit = 0.500 s

Zeitbedarf für das Herunterladen des Unterprogramms = 0.280 s

Zeitbedarf für Messdatenübertragung = 0.180 s

```

2250 SUB Disp(REAL Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
2260 DIM A(37)
2270 Dnld_time=TIMEDATE
2280 OUTPUT 722;"PRESET;MFORMAT SREAL;DISP OFF,TESTING"
2290 OUTPUT 722;"SUB 1;MEM FIFO;OHM,1E4;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 15;TRIG SGL"
2300 OUTPUT 722;"OHM,1E5;NRDGS 8;TRIG SGL"
2310 OUTPUT 722;"OHMF,1E3;APER 20E-6;DELAY -1 ;NRDGS 2;TRIG SGL"
...

```

Dieses Unterprogramm unterscheidet sich vom vorigen dadurch, dass es das Display abschaltet. Dadurch halbiert sich die Testausführungszeit.

*"Autozero"-Funktion aus:* (Unterprogramm "Azero")

Testausführungszeit = 0.510 s

Zeitbedarf für das Herunterladen des Unterprogramms = 0.280 s

Zeitbedarf für Messdatenübertragung = 0.180 s

Dieses Unterprogramm unterscheidet sich vom vorigen dadurch, dass es die "Autozero"-Funktion abschaltet. Wegen der sehr hohen Messgeschwindigkeit bringt das Abschalten der "Autozero"-Funktion keinen nennenswerten Geschwindigkeitszuwachs. In einigen Fällen, in denen die Messfunktion oder Integrationszeit umgeschaltet wird, kann es sogar günstiger sein, die "Autozero"-Funktion aktiviert zu lassen.

*"Defeat" aktiv:* (Unterprogramm "Defeat")

Testausführungszeit = 0.470 s

Zeitbedarf für das Herunterladen des Unterprogramms = 0.280 s

Zeitbedarf für Messdatenübertragung = 0.180 s

```

2690 SUB Defeat(REAL Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
2700 DIM A(37)
2710 Dnld_time=TIMEDATE
2720 OUTPUT 722;"PRESET;DISP OFF,TESTING;MFORMAT SREAL;DEFEAT ON"

```

## D Optimierung des Datendurchsatzes und der Messrate

```
2730 OUTPUT 722;"SUB 1;MEM FIFO;OHM,1E4;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 15;TRIG SGL"
2740 OUTPUT 722;"OHM,1E5;NRDGS 8;TRIG SGL"
```

Dieses Unterprogramm unterscheidet sich vom Unterprogramm "Display" dadurch, dass es die DEFEAT-Funktion aktiviert. In dieser Betriebsart sind einige der Überlastungserkennungs- und -schutzschaltungen inaktiv. Falls eine Spannung von mehr als 300 V erkannt wird, wird die DEFEAT-Funktion deaktiviert und dieses Ereignis im nichtflüchtigen Speicher des 3458 protokolliert. Durch Aktivieren der DEFEAT-Funktion können Sie zwar Funktions- und Bereichsumschaltungen beschleunigen, doch sollten Sie zum Schutz des Multimeters vor Überlastung nur in wohlgegründeten Ausnahmefällen von dieser Möglichkeit Gebrauch machen.

### Noch schneller

Eine weitere beträchtliche Durchsatzsteigerung können Sie erzielen, indem Sie zur Ein-/Ausgabe den Befehl TRANSFER verwenden statt OUTPUT und ENTER. Auch durch Optimieren der Reihenfolge von Befehlen können Sie die Messgeschwindigkeit erhöhen. Insbesondere kann bei ACV-Messungen die Reihenfolge der Befehle DELAY und ACBAND einen großen Einfluss auf die Ausführungsgeschwindigkeit haben. Die richtige Reihenfolge ist:

```
DELAY <#>;ACBAND <#,#>;ACV <Bereich>.
```

Wenn Sie bei einer Funktionsumschaltung die Standard-Verzögerungszeit ändern möchten, wenden Sie den Befehl DELAY stets vor dem Funktionswahlbefehl an. In vielen Fällen ist es günstiger, eine gegebene Integrationszeit beizubehalten, statt sie bei einer Funktionsumschaltung abzuändern. Hierzu ein Beispiel: Eine Auflösung von 6 1/2 Stellen können Sie erzielen, indem Sie mit dem Befehl APER 10E-5 eine Integrationszeit von 100 µs spezifizieren; in dieser Einstellung kann das 3458 fast 10.000 Messungen pro Sekunde ausführen. Wenn Sie nur einige wenige Messungen mit dieser hohen Auflösung und zahlreiche Messungen mit geringerer Auflösung durchzuführen haben, ist es unter Umständen günstiger, die Integrationszeit bei 100 µs zu belassen und alle Messungen mit dieser Integrationszeit-Einstellung vorzunehmen. Das 3458 benötigt für eine Änderung der Integrationszeit etwa 6 bis 10 ms. Bei einer Messrate von etwa 10.000 kann das Gerät in dieser Zeit 100 Messungen mit einer Auflösung von 6 1/2 Stellen ausführen.

Dieses letzte Programm erzielt durch Verwendung des Befehls TRANSFER und durch optimale Befehlsreihenfolgen die besten Benchmark-Ergebnisse.

Ausführungszeit = 0.360 s

Zeitbedarf für das Herunterladen des Unterprogramms = 0.05 s

Zeitbedarf für Messdatenübertragung = 0.05 s

```

10 OPTION BASE 1
20 DIM Command$[1000] BUFFER
30 DIMA$[100],B$[100],C$[100],D$[100],E$(100),
   F$[100],G$[100],H$[100],I$[100],Set_up$[100]
40 INTEGER I,M
50 REAL Readings(37) BUFFER
60 ASSIGN @Dmm TO 722
70 ASSIGN @Buf_1 TO BUFFER Command$
80 ASSIGN @Buf_2 TO BUFFER Readings(*)
90 CLEAR 722
100 OUTPUT @Dmm;"RESET"
110 Set_up$="PRESET;MFORMAT SREAL;DEFEAT ON;APER 100E-6;DISP OFF,TESTING"
120 B$="SUB Try;MEM FIFO;DELAY 0;OHM,1E4;NRDGS 15;TRIG SGL;"
130 C$="OHM,1E5;NRDGS 8;TRIG SGL;"
140 D$="DELAY -1;OHMF,1E3;NRDGS 2;TRIG SGL;"
150 E$="DELAY .1;ACBAND 50;ACV 250;NRDGS 1;TRIG SGL;
160 F$="DELAY .01;ACBAND 25000;ACV,10;TRIG SGL;"
170 G$="DELAY 0;DCV 10;NRDGS 6;TRIG SGL;"
180 H$="DELAY .01;ACBAND 5000;ACV 10;NRDGS 1; TRIG SGL;"
190 I$="DELAY 0;DCV 10;NRDGS 3;TRIG SGL;SUBEND"
200 Command$=B$&C$&D$&E$&F$&G$&H$&I$
210 Dnload!: Befehle zum DMM übertragen
220 Dnld_time=TIMEDATE
230 OUTPUT @Dmm;Set_up$
240 TRANSFER @Buf_1 TO @Dmm
250 Dnld_time=TIMEDATE-Dnld_time
260 Execute: ! DMM-Ausführungszeit
270 Exe_time=TIMEDATE
280 OUTPUT @Dmm;"CALL Try"
290 Exe_time=TIMEDATE-Exe_time
300 Read!: Messwerte zum Computer übertragen
310 Tns_time=TIMEDATE
320 TRANSFER @Dmm TO @Buf_2
330 Tns_time=TIMEDATE-Tns_time
340 PRINT "Zeitbedarf für Herunterladen =";Dnld_time
350 PRINT "Ausführungszeit = ";Exe_time
360 PRINT "Übertragungszeit = ";Exe_time
370 PRINT "Gesamtzeit = "; Dnld_time+Exe_time+Tns_time
380 END
10 ! Benchmark-Test
20 !
30 COM Dnld_time,Exe_time,Tns_time
40 !

```

## D Optimierung des Datendurchsatzes und der Messrate

```
50 CALL Default(Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
60 PRINT USING "36A.DD.DDD";"Ausführungszeit für 'Default' = ";Exe_time
70 PRINT
80 !
90 CALL Fixed(Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
100 PRINT USING "38A.DD.DDD";"Ausführungszeit für 'fixed range' = ";Exe_time
110 PRINT
120 !
130 CALL Integrat(Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
140 PRINT USING "51A.DD.DDD";"Ausführungszeit für 'correct integration time' =
    ";Exe_time
150 PRINT
160 !
170 CALL Integrat(Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
180 PRINT USING "44A.DD.DDD";"Ausführungszeit für 'correct delay time' =
    ";Exe_time
190 PRINT
200 !
210 CALL Burst(Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
220 PRINT USING "44A.DD.DDD";"Ausführungszeit für Abspeichern der Messwerte =
    ";Exe_time
230 PRINT USING "44A,DD.DDD";"Übertragungszeit unter Verwendung von FOR NEXT =
    ";Tns_time
240 PRINT USING "44A,DD,DDD";"Gesamtzeit für Messung unter Verwendung des Spei-
    chers = ";Exe_time+Tns_time
250 PRINT
260 !
270 CALL Program(Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
280 PRINT USING "44A,DD,DDD";"Ausführungszeit für Messung unter Verwendung des
    Programmspeichers = ";Exe_time
290 PRINT USING "44A,DD,DDD";"Zeit für Herunterladen des Unterprogramms =
    ";Exe_time+Tns_time
300 PRINT USING "44A,DD.DDD";"Übertragungszeit unter Verwendung von FOR NEXT =
    ";Tns_time
310 PRINT USING "44A,DD,DDD";"Gesamtzeit für Messung unter Verwendung des Pro-
    grammsspeichers = ";Exe_time+Dnld_time+ Tns_time
320 PRINT
330 !
340 CALL Disp(Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
350 PRINT USING "44A,DD,DDD";"Ausführungszeit für Messung unter Verwendung des
    Programmspeichers = ";Exe_time
360 PRINT USING "44A,DD,DDD";"Zeit für Herunterladen des Unterprogramms =
    ";Dnld_time
370 PRINT USING "44A,DD,DDD";"Übertragungszeit unter Verwendung von FOR NEXT =
    ";Tns_time
380 PRINT USING "44A,DD,DDD";"Gesamtzeit für Messung mit abgeschaltetem Display
    = ";Exe_time+Tns_time
390 PRINT
```

```

400 !
410 CALL Azero(Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
420 PRINT USING "44A.DD.DDD";"Ausführungszeit für Messung unter Verwendung des
    Programmspeichers = ";Exe_time
430 PRINT USING "44A,DD,DDD";"Zeit für Herunterladen des Unterprogramms =
    ";Dnld_time
440 PRINT USING "44A,DD,DDD";"Übertragungszeit unter Verwendung von FOR NEXT =
    ";Tns_time
450 PRINT USING "44A,DD,DDD";"Gesamtzeit für Messung mit AZERO OFF =
    ";Exe_time+Dnld_time+ Tns_time
460 PRINT
470 !
480 CALL Defeat(Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
490 PRINT USING "44A,DD,DDD";"Ausführungszeit für Messung unter Verwendung des
    Programmspeichers = ";Exe_time
500 PRINT USING "44A,DD,DDD";"Zeit für Herunterladen des Unterprogramms =
    ";Exe_time+Tns_time
510 PRINT USING "44A,DD,DDD";"Übertragungszeit unter Verwendung von FOR NEXT =
    ";Tns_time
520 PRINT USING "44A,DD,DDD";"Gesamtzeit für Messung mit DEFEAT ON =
    ";Exe_time+Dnld_time+Tns_time
530 PRINT
540 !
550 END
560 SUB Default(REAL Dnld_time,Exe_time, Tns_time)
570 DIM A(37)
580 Exe_time=T1MEDATE
590 OUTPUT 722;"RESET;TRIG SYN"
600 OUTPUT 722;"OHM"
610 FOR I=1 TO 23
620 ENTER 722;A(I)
630 NEXT I
640 OUTPUT 722;"OHMF"
650 ENTER 722;A(24)
660 ENTER 722;A(25)
670 OUTPUT 722;"ACV"
680 ENTER 722;A(26)
690 ENTER 722;A(27)
700 OUTPUT 722;"DCV"
710 FOR I=28 TO 33
720 ENTER 722;A(I)
730 NEXT I
740 OUTPUT 722;"ACV"
750 ENTER 722;A(34)
760 OUTPUT 722;"DCV"
770 FOR I=35 TO 37
780 ENTER 722;A(I)
790 NEXT I

```

## D Optimierung des Datendurchsatzes und der Messrate

```
800 Exe_time=TIMEDATE-Exe_time
810 Dnld time=0
820 Tns_time=0
830 SUBEND
840 SUB Fixed(REAL Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
850 DIM A(37)
860 Exe_time=TIMEDATE
870 OUTPUT 722;"RESET;TRIG SYN"
880 OUTPUT 722;"OHM,1E4
890 FOR I=1 TO 15
900 ENTER 722;A(I)
910 NEXT I
920 OUTPUT 722;"OHM,1E5"
930 FOR I=16 TO 23
940 ENTER 722;A(I)
950 NEXT I
960 OUTPUT 722;"OHMF,1E3"
970 ENTER 722;A(24)
980 ENTER 722;A(25)
990 OUTPUT 722;"ACV,250;ACBAND 250"
1000 ENTER 722;A(26)
1010 OUTPUT 722;"ACV 10;ACBAND 25000"
1020 ENTER 722;A(27)
1030 OUTPUT 722;"DCV, 10"
1040 FOR I=28 TO 33
1050 ENTER 722;A(1)
1060 NEXT I
1070 OUTPUT 722;"ACV,10;ACBAND 5000"
1080 ENTER 722;A(34)
1090 OUTPUT 722;"DCV,10"
1100 FOR I=35 TO 37
1110 ENTER 722;A(I)
1120 NEXT I
1130 Exe_time=TIMEDATE-Exe_time
1140 Dnld time=0
1150 Tns_time=0
1160 SUBEND
1170 SUB Integrat(REAL Dnld_time,Exe_time, Tns_time)
1180 DIM A(37)
1190 Exe_time=TIMEDATE
1200 OUTPUT 722;"PRESET"
1210 OUTPUT 722;"OHM,1E4;NPLC 0"
1220 FOR I=1 TO 15
1230 ENTER 722;A(I)
1240 NEXT I
1250 OUTPUT 722;"OHM,1E5"
1260 FOR I=16 TO 23
1270 ENTER 722;A(1)
```

```
1280 NEXT I
1290 OUTPUT 722;"OHMF,1E3;APER 20E-6"
1300 ENTER 722;A(24)
1310 ENTER 722;A(25)
1320 OUTPUT 722;"ACV,250;ACBAND 250"
1330 ENTER 722;A(26)
1340 OUTPUT 722;"ACV 10;ACBAND 25000"
1350 ENTER 722;A(27)
1360 OUTPUT 722;"DCV,10;NPLC 0"
1370 FOR I=28 TO 33
1380 ENTER 722;A(I)
1390 NEXT I
1400 OUTPUT 722:"ACV,10;ACBAND 5000;APER 20E-6"
1410 ENTER 722;A(34)
1420 OUTPUT 722;"DCV,10;NPLC 0"
1430 FOR I=35 TO 37
1440 ENTER 722;A(I)
1450 NEXT I
1460 Exe_time=TIMEDATE-Exe_time
1470 Dnld_time=0
1480 Tns_time=0
1490 SUBEND
1500 SUB Delay(REAL Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
1510 DIM A(37)
1520 Exe_time=TIMEDATE
1530 OUTPUT 722;"PRESET"
1540 OUTPUT 722;"OHM,1E4;NPLC 0;DELAY 0"
1550 FOR I=1 TO 15
1560 ENTER 722;A(I)
1570 NEXT I
1580 OUTPUT 722;"OHM,1E5"
1590 FOR I=16 TO 23
1600 ENTER 722;A(I)
1610 NEXT I
1620 OUTPUT 722;"OHMF,1E3;APER 20E-6;DELAY-1"
1630 ENTER 722;A(24)
1640 ENTER 722;A(25)
1650 OUTPUT 722;"ACV,250;ACBAND 250;DELAY.1"
1660 ENTER 722;A(26)
1670 OUTPUT 722;"ACV 10;ACBAND 25000;DELAY.01"
1680 ENTER 722;A(27)
1690 OUTPUT 722;"DCV,10;NPLC 0;DELAY 0"
1700 FOR I=28 TO 33
1710 ENTER 722;A(I)
1720 NEXT I
1730 OUTPUT 722;"ACV,10;ACBAND 5000;APER 20E-6; DELAY .01"
1740 ENTER 722;A(34)
1750 OUTPUT 722;"DCV,10;NPLC 0;DELAY 0"
```

## D Optimierung des Datendurchsatzes und der Messrate

```
1760 FOR I=35 TO 37
1770 ENTER 722;A(I)
1780 NEXT I
1790 Exe_time=TIMEDATE-Exe_time
1800 Dnld_time=0
1810 Tns_time=0
1820 SUBEND
1830 SUB Burst(REAL Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
1840 DIM A(37)
1850 Exe_time=TIMEDATE
1860 OUTPUT 722;"PRESET;MEM FIFO;MFORMAT SREAL"
1870 OUTPUT 722;"OHM,1E4;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 15:TRIG SGL"
1880 OUTPUT 722;"OHM,1E5;NRDGS 8:TRIG SGL"
1890 OUTPUT 722;"OHMF,1E5;APER 20E-6;DELAY -1;NRDGS 2,TRIG SGL"
1900 OUTPUT 722;"ACV,250;ACBAND 250:DELAY.1;NRDGS 1;TRIG SGL"
1910 OUTPUT 722;"ACV 10;ACBAND 25000;DELAY.01;TRIG SGL"
1920 OUTPUT 722;"DCV,10;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 6;TRIG SGL"
1930 OUTPUT 722;"ACV,10;ACBAND 5000;APER 20E-6;DELAY .01;NRDGS 1;TRIG SGL"
1940 OUTPUT 722;"DCV,10;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 3;TRIG SGL"
1950 Exe_time=TIMEDATE-Exe_time
1960 Dnld_time=0
1970 Tns_time=TIMEDATE
1980 FOR I=1 TO 37
1990 ENTER 722:A(I)
2000 NEXT I
2010 Tns_time=TIMEDATE-Tns_time
2020 SUBEND
2030 SUB Program(REAL Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
2040 DIM A(37)
2050 Dnld_time=TIMEDATE
2060 OUTPUT 722;"PRESET;MFORMAT SREAL"
2070 OUTPUT 722;"SUB 1:MEM FIFO;OHM.1E4;NPLC 0;DELAY 0:NRDGS 15;TRIG SGL"
2080 OUTPUT 722;"OHM.1E5;NRDGS 8:TRIG SGL"
2090 OUTPUT 722,"OHMF,1E3;APER 20E-6:DELAY-1; NRDGS 2;TRIG SGL"
2100 OUTPUT 722;"ACV,250;ACBAND 250:DELAY.1;NRDGS 1; TRIG SGL"
2110 OUTPUT 722;"ACV10;ACBAND 25000;DELAY.01;TRIG SGL"
2120 OUTPUT 722;"DCV,10;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 6; TRIG SGL"
2130 OUTPUT 722;"ACV,10;ACBAND 5000;APER 20E-6; DELAY.01;NRDGS 1;TRIG SGL"
2140 OUTPUT 722;"DCV,10;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 3; TRIG SGL;SUBEND"
2150 Dnld_time=TIMEDATE-Dnld_time
2160 Exe_time=TIMEDATE
2170 OUTPUT 722;"CALL 1"
2180 Exe_time=TIMEDATE-Exe_time
2190 Tns_time=TIMEDATE
2200 FOR I=1 TO 37
2210 ENTER 722:A(I)
2220 NEXT I
2230 Tns_time=TIMEDATE-Tns_time
```

```

2240 SUBEND
2250 SUB Disp(REAL Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
2260 DIM A(37)
2270 Dnld_time=TIMEDATE
2280 OUTPUT 722;"PRESET;MFORMAT SREAL;DISP OFF, TESTING"
2290 OUTPUT 722;"SUB 1;MEM FIFO;OHM,1E4;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 15;TRIG SGL"
2300 OUTPUT 722;"OHM,1E5;NRDGS 8;TRIG SGL"
2310 OUTPUT 722;"OHMF,1E3;APER 20E-6;DELAY -1;NRDGS 2;TRIG SGL"
2320 OUTPUT 722;"ACV,250;ACBAND 250;DELAY .1;NRDGS 1;TRIG SGL"
2330 OUTPUT 722;"ACV 10;ACBAND 2500;DELAY .01;TRIG SGL"
2340 OUTPUT 722;"DCV,10;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 6;TRIG SGL"
2350 OUTPUT 722;"ACV,10;ACBAND 5000;APER 20E-6;DELAY .01;NRDGS 1;TRIG SGL"
2360 OUTPUT 722;"DCV,10;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 3;TRIG SGL;SUBEND"
2370 Dnld_time=TIMEDATE-Dnld_time
2380 Exe_time=TIMEDATE
2390 OUTPUT 722;"CALL 1"
2400 Exe_time=TIMEDATE-Exe_time
2410 Tns_time=TIMEDATE
2420 FOR I=1 TO 37
2430 ENTER 722:A(I)
2440 NEXT I
2450 Tns_time=TIMEDATE-Tns_time
2460 SUBEND
2470 SUB Azero(REAL Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
2480 DIM A(37)
2490 Dnld_time=TIMEDATE
2500 OUTPUT 722;"PRESET;MFORMAT SREAL;DISP OFF, TESTING;AZERO OFF"
2510 OUTPUT 722;"SUB 1;MEM FIFO;OHM,1E4;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 15;TRIG SGL"
2520 OUTPUT 722;"OHM,1E5;NRDGS 8;TRIG SGL"
2530 OUTPUT 722;"OHMF,1E3;APER 20E-6;DELAY-1; NRDGS 2;TRIG SGL"
2540 OUTPUT 722;"ACV,250;ACBAND 250;DELAY.1;NRDGS 1;TRIG SGL"
2550 OUTPUT 722;"ACV 10;ACBAND 2500;DELAY.01; TRIG SGL"
2560 OUTPUT 722;"DCV10;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 6; TRIG SGL"
2570 OUTPUT 722;"ACV,10;ACBAND 5000;APER 20E-6; DELAY.01;NRDGS 1;TRIG SGL"
2580 OUTPUT 722;"DCV,10;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 3; TRIG SGL;SUBEND"
2590 Dnld_time=TIMEDATE-Dnld_time
2600 Exe_time=TIMEDATE
2610 OUTPUT 722;"CALL 1"
2620 Exe_time=TIMEDATE-Exe_time
2630 Tns_tme=TIMEDATE
2640 FOR I=1 TO 37
2650 ENTER 722;A(I)
2660 NEXT I
2670 Tns_time=TIMEDATE-Tns_time
2680 SUBEND
2690 Defeat(REAL Dnld_time,Exe_time,Tns_time)
2700 DIM A(37)
2710 Dnld_time=TIMEDATE

```

## D Optimierung des Datendurchsatzes und der Messrate

```
2720 OUTPUT 722;"PRESET;DISP OFF,TESTING;MFORMAT SREAL;DEFEAT ON"
2730 OUTPUT 722;"SUB 1;MEM FIFO;OHM.1E4;NPLC 0;DELAY 0:NRDGS 15;TRIG SGL"
2740 OUTPUT 722:"OHM.1E5:NRDGS 8;TRIG SGL"
2750 OUTPUT 722;"OHMF,1E3;APER 20E-6:DELAY -1; NRDGS 2:TRIG SGL"
2760 OUTPUT 722;"ACV,250;ACBAND 250;DELAY .1; NRDGS 1;TRIG SGL"
2770 OUTPUT 722;"ACV 10;ACBAND 25000;DELAY.01; TRIG SGL"
2780 OUTPUT 722;"DCV,10;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 6;TRIG SGL"
2790 OUTPUT 722;"ACV,10;ACBAND 5000;APER 20E-6;DELAY .01;NRDGS 1;TRIG SGL"
2800 OUTPUT 722;"DCV10;NPLC 0;DELAY 0;NRDGS 3;TRIG SGL;SUBEND"
2810 Dnld_time=TIMEDATE-Dnld_time
2820 Exe_time=TIMEDATE
2830 OUTPUT 722;"CALL 1"
2840 Exe_time=TIMEDATE-Exe_time
2850 Tns_time=TIMEDATE
2860 FOR I=1 TO 37
2870 ENTER 722;A(I)
2880 NEXT I
2890 Tns_time=TlMEDATE-Tns_time
2900 SUBEND

10 !Hauptprogramm
20 COM A(20),B(90),C(30),D(30),J$[80]
30 CALL Test_58(Time58)
40 END
50 !
60 !
70 SUB Test_58(Time58)
80 DIM A(20),B(90),C(30),D(30),J$[80]
90 !Multiplexer konfigurieren
100 ASSIGN @Scan TO 709
110 ASSIGN @Dmm TO 722
120 CLEAR @Dmm
130 OUTPUT @Dmm;"RESET" !DMM in Einschalt-Zustand bringen
140 OUTPUT @Dmm;"TRIG HOLD" ! Triggerung anhalten
150 !
160 ! ----- Multiplexer-Konfiguration -----
170 !
180 OUTPUT @Scan;"RESET"
190 OUTPUT @Scan;"CLOSE 200,400,410;STORE 1"
200 OUTPUT @Scan;"CLOSE 308,309;STORE 2"
210 OUTPUT @Scan;"OPEN 200"
220 OUTPUT @Scan;"CLOSE 201; STORE 3"
230 OUTPUT @Scan;"OPEN 201"
240 OUTPUT @Scan;"CLOSE 206;STORE 4"
250 OUTPUT @Scan;"OPEN 206"
260 OUTPUT @Scan;"CLOSE 202;STORE 5"
270 OUTPUT @Scan;"OPEN 202"
280 OUTPUT @Scan;"CLOSE 205;STORE 6"
```

```

290 OUTPUT @Scan;"OPEN 205"
300 OUTPUT @Scan;"CLOSE 204;STORE 7"
310 OUTPUT @Scan;"OPEN 204"
320 OUTPUT @Scan;"CLOSE 203;STORE 8"
330 !
340 ! ----- Kanalliste -----
350 !
360 OUTPUT @Scan;"SLIST 1,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,8.8,0"
370 ! Kanalliste für die Zustände konfigurieren,
380 ! die automatisch durch den Befehl STEP
390 ! oder das externe Inkrementierungssignal
400 ! inkrementiert werden
410 OUTPUT @Scan;"DMODE 1,1,0,1"! Konfiguration für externe Inkrementierung
420 ! und Multiplexer-Kanal schließen
430 !
440 ! ----- Messung konfigurieren -----
450 !
460 OUTPUT @Dmm;"PRESET;TARM HOLD"!DMM in die normale PRESET-Einstellung brin-
gen
461 ! und Triggerfreigabe deaktivieren
462 OUTPUT @Dmm;"MFORMAT DREAL"! Messwerte im DREAL-Format
463 ! im Messwertspeicher abspeichern
470 OUTPUT @Dmm;"TRIG EXT"!DMM für externe Triggerung konfigurieren
480 OUTPUT @Dmm;"APER 20E-6"!Integrationszeit auf 20 µs einstellen
490 OUTPUT @Dmm;"TBUFF ON"! Triggerpuffer aktivieren
500 !
510 OUTPUT @Dmm;"DISP OFF !" Multimeter-Display deaktivieren
520 OUTPUT @DMM;"DELAY 0"! Keine Verzögerung zwischen Triggerereignis
530 ! und Beginn der Messung
540 !
550 ! ----- Messliste -----
560 !
570 OUTPUT @Dmm;"SUB 1"! Anfang des DMM-Unterprogramms
580 OUTPUT @Dmm;"MEM FIFO"! Messwertspeicher-Modus FIFO
590 OUTPUT @Dmm;"DCV 10"! Messfunktion DCV, Bereich 10 Volt
600 OUTPUT @Dmm;"TARM SGL"! (1) Mess-Sequenz wird gestartet, sobald das
610 ! TRIG-EXT-Ereignis eintritt und sofort
620 ! danach wieder gestoppt
630 OUTPUT @Dmm;"TARM SGL"!(2) Die Sequenz wird wiederholt
640 OUTPUT @Dmm;"TARM SGL"!(3) Und nochmal
650 OUTPUT @Dmm;"ACBAND 1000" ! Untere Grenzfrequenz 1 kHz
660 OUTPUT @Dmm;"ACV 10"!Messfunktion ACV, Bereich 10 Volt
670 OUTPUT @Dmm;"TARM SGL"! (3)
680 OUTPUT @Dmm;"TARM SGL"! (4)
690 OUTPUT @Dmm;"DCV 10"
700 OUTPUT @Dmm;"TARM SGL"! (4)
710 OUTPUT @Dmm;"TARM SGL"! (5)
720 OUTPUT @Dmm;"ACV 10"

```

## D Optimierung des Datendurchsatzes und der Messrate

```
730 OUTPUT @Dmm;"TARM SGL"! (5)
740 OUTPUT @Dmm;"TARM SGL"! (6)
750 OUTPUT @Dmm;"DCV 10"
760 OUTPUT @Dmm;"TARM SGL"! (6)
770 OUTPUT @Dmm;"TARM SGL"! (7)
780 OUTPUT @Dmm;"OHM 3E3"!Messfunktion Ω, Bereich 3KΩ
790 OUTPUT @Dmm;"TARM SGL"! (8)
800 OUTPUT @Dmm;"OCOMP ON"! Offset-Kompensation aus
810 OUTPUT @Dmm;"TARM SGL"! (8)
820 OUTPUT @Dmm;"SUBEND" !Ende des DMM-Unterprogramms
830 !
840 ! ----- Messungen ausführen -----
850 !
860 OUTPUT @Dmm USING "#,K";"CALL 1;"! DMM-Unterprogramm aufrufen
870 OUTPUT @Scan;"STEP"!Erste Konfiguration aktivieren und DMM triggern
880 !
890 !-- Messwerte vom DMM zum Computer übertragen --
900 !
910 FOR I=1 TO 13
920 ENTER @Dmm;A(I)
930 PRINT USING "SD.DDDE";A(I)
940 NEXT I
950 SUBEND
```

# E Hochauflösende Digitalisierung mit dem 3458A

|  |     |
|--|-----|
| Einführung                                   | 526 |
| Geschwindigkeit und Auflösung                | 527 |
| Zwei Messpfade zur Auswahl                   | 530 |
| Signalerfassung                              | 533 |
| Schnelle Datenübertragung zum Steuercomputer | 537 |
| Messunsicherheiten                           | 542 |

(Aus der Product Note 3458A-2)

## Einführung

Das 3458A kann – als autonomes Gerät oder eingebunden in Ihr computergesteuertes Testsystem – Signale verzerrungsarm und mit sehr hoher Auflösung digitalisieren. Es bietet die hohe Messgeschwindigkeit und die hohe Timing-Genauigkeit, die für die "Direct-Sampling"-Erfassung von Signalen mit Frequenzkomponenten bis zu 50 kHz benötigt wird, und kann in der "Sub-Sampling"-Betriebsart repetitive Signale bis zu 12 MHz mit einer Auflösung von 16 bit oder mehr digitalisieren.

Diese Product Note behandelt folgende Themen:

- 1** Konfigurieren des 3458A für die Erfassung transienter Signale in der "Direct-Sampling"-Betriebsart.
- 2** Konfigurieren des 3458A für die Erfassung repetitiver Signale in der "Sub-Sampling"-Betriebsart.
- 3** Steuerung des Signalerfassungszeitpunkts durch Flanken- und Pegeltriggerung.
- 4** Schnelle (100 kSa/s) Übertragung der erfassten Signaldaten vom 3458A zu einem Computer HP 9000 Serie 200/300.
- 5** Benutzung des multimeter-internen Programmspeichers zur mehrkanaligen Signalerfassung, Abspeicherung der Signaldaten im Messwertspeicher, Auslösung eines Steuercomputer-Interrupts nach Abschluss der Signalerfassung, Übertragung der Signaldaten zum Steuercomputer, Analyse und grafische Darstellung der Signaldaten.
- 6** Benutzung der "Wave Form Analysis Library" (Option 005 zum 3458A) zur Signalerfassung, -analyse und -darstellung.
- 7** Interpretation der Spezifikationen bezüglich Digitalisierung und Dynamikverhalten.

## Geschwindigkeit und Auflösung

- 16 bit bei 100 kSa/s
- 18 bit bei 50 kSa/s

Das 3458A bietet Ihnen die Möglichkeit, Signale im Audiofrequenzbereich hochauflösend zu digitalisieren, wobei Sie zwischen mehreren Abtastraten und Auflösungsstufen wählen können. Über den DCV-Signalpfad können Audiosignale mit einer Triggerlatenz von weniger als 175 ns und einem Messung-zu-Messung-Jitter von weniger als 100 ps digitalisiert werden. In der Betriebsart "Synchronous-Sampling" kann das 3458A über den "Track-and-hold"-Pfad repetitive Signale bis zu 12 MHz mit 50 kSa/s und 16 bit Auflösung digitalisieren.

## Digitalisierung von analogen Signalen

Die meisten Systeme für digitale Signalverarbeitung lassen sich durch ein Blockschaltbild ähnlich [Abbildung E-1](#) darstellen.

Die zur Digitalisierung verwendete Abtastrate darf einen bestimmten Wert, die sogenannte Nyquist-Rate, nicht unterschreiten. Dies ergibt sich aus dem Abtasttheorem, das folgendes besagt:

Bei der Digitalisierung eines Analogsignals muss die Abtastrate mindestens das Doppelte der höchsten Frequenz ( $f_0$ ) betragen, die im Spektrum des zu digitalisierenden Signals vorkommt. Frequenzkomponenten oberhalb von  $f_0$  werden in den Frequenzbereich unterhalb von  $f_0$  "gefaltet" ("Aliasing") und verfälschen dadurch das digitalisierte Signal. Ein Rechtecksignal, beispielsweise, lässt sich als Summe unendlich vieler Sinussignale (Fourier-Reihe) darstellen und enthält demnach sehr hohe Frequenzen. Wenn man versucht, ein solches Signal ohne ein dem A/D-Wandler vorgeschaltetes Anti-Aliasing-Filter zu digitalisieren, kann das Signal durch Aliasing so stark verfälscht werden, dass die digitalen Signaldaten ohne jede Aussagekraft sind.

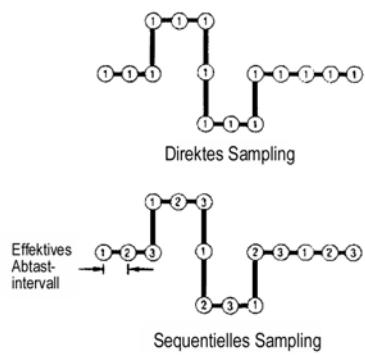


**Abbildung E-1** Typisches Blockschaltbild eines Systems für digitale Signalverarbeitung; eine wichtige Voraussetzung für sinnvolle Ergebnisse ist die Vermeidung von Aliasing.

### Vermeidung von Aliasing

Damit Signalverzerrungen durch Aliasing vermieden werden, muss das effektive Abtastintervall dem Nyquist-Kriterium entsprechen, d. h. kleiner als  $1/(2f_0)$  sein. Beim "Direct-Sampling"-Verfahren ist das effektive Abtastintervall gleich dem tatsächlichen Abtastintervall (d. h. dem Zeitabstand zwischen zwei Abtastungen). Deshalb beträgt bei diesem Verfahren die maximal zulässige Eingangssignalfrequenz 25 kHz (bei einem Abtastintervall von 20  $\mu$ s) bzw. 50 kHz (bei einem Abtastintervall von 10  $\mu$ s). Dies gilt sowohl für den DCV-Pfad als auch für den "Track-and-hold"-Pfad (siehe weiter unten). Falls das Eingangssignal höhere Frequenzen enthält, muss dem Eingang ein Tiefpassfilter mit einer Grenzfrequenz von maximal  $f_0$  vorgeschaltet werden.

Beim "Sub-Sampling"-Verfahren ist das effektive Abtastintervall gleich dem Zeitabstand zwischen zwei Abtastwerten des rekonstruierten Signals (siehe Abbildung E-2). Wenn Sie ein effektives Abtastintervall von weniger als 35 ns wählen, werden Aliasing-Verzerrungen größtenteils durch die begrenzte Bandbreite des "Track-and-hold"-Pfades (12 MHz) verhindert. Wenn das effektive Abtastintervall größer als 35 ns ist und das Eingangssignal Frequenzen oberhalb von 12 MHz enthält, ist zusätzlich ein externes Filter erforderlich.



**Abbildung E-2** Beim "Direct-Sampling"-Verfahren wird das Signal in einem einzigen Durchgang erfasst. Das "Sub-Sampling"-Verfahren erfordert ein repetitives Signal und rekonstruiert dieses über mehrere Perioden hinweg. Die Nummern geben an, in welcher Periode des Eingangssignals der jeweilige Abtastwert erfasst wurde.

## Zwei Messpfade zur Auswahl

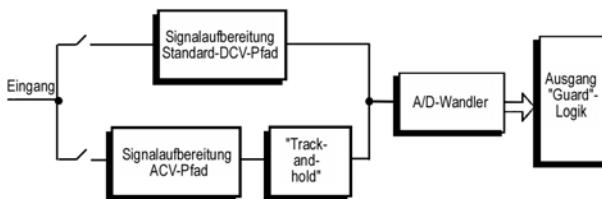
Das 3458A bietet zwei separate Messpfade: den normalen DCV-Pfad und den "Track-and-hold"-Pfad (siehe [Abbildung E-3](#)). Der "Track-and hold"-Pfad wird sowohl für "Sub-Sampling"- als auch "Direct-Sampling"-Digitalisierung verwendet. Der DCV-Pfad wird nur für "Direct-Sampling"-Digitalisierung verwendet. Wenn Sie möchten, können Sie auch den normalen DCV-Pfad für "Sub-Sampling" verwenden, allerdings müssen Sie dann den Algorithmus für die Signalerfassung selbst programmieren.

### Verwendung des DCV-Pfades für "Direct-Sampling"

Der Befehl "PRESET DIG" wählt (neben diversen anderen Einstellungen) den DCV-Pfad. Dieser Befehl bringt das Multimeter in die Grundeinstellung für direkte Digitalisierung des Eingangssignals (256 Abtastwerte, erfasst mit einer Abtastrate von 50 kSa/s, Bereichsendwert 10 V Spitze, Triggerung auf den Nulldurchgang der positiven Signalflanke, Triggerschaltung AC-gekoppelt). Mit diesen Einstellungen können Sie mindestens eine Periode eines Signals im Frequenzbereich von 200 Hz bis 25 kHz erfassen.

Der DCV-Pfad bietet die Wahl zwischen verschiedenen Auflösungen und Abtastraten: 18 bit (5 1/2 Stellen) bei 6 kSa/s bis 16 bit (4 1/2 Stellen) bei 100 kSa/s. Im Bereich 10 V beträgt das Eigenrauschen bei den oben genannten Abtastraten 0.005% bzw. 0.05%.

Wenn Sie die Auflösung im DCV-Pfad erhöhen, verlängert sich automatisch die Aperturzeit. Das geringere Rauschen und die höhere Auflösung werden also durch einen Informationsverlust infolge Verlängerung der Aperturzeit erkauft. Wenn Sie eine Impulsspitze erfassen möchten, darf die Aperturzeit nicht größer sein als die Pulsbreite. Wegen der Trigger-Unsicherheit ist es in der Praxis fast unmöglich, die Spitzenamplitude eines Impulses zu erfassen, deren Breite in der gleichen Größenordnung der Aperturzeit liegt. Zur Lösung dieses Problems müssen Sie die Aperturzeit so weit reduzieren, dass die Auflösung durch die Bandbreite des Eingangsverstärkers und nicht durch die Aperturzeit begrenzt wird.

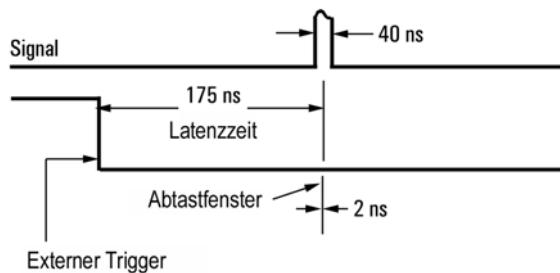


**Abbildung E-3** Das Multimeter 3458A bietet zwei Digitalisierungspfade: den normalen DCV-Pfad und einen "Track-and hold"-Pfad.

Verwendung des "Track-and hold"-Pfades für "Direct-Sampling" oder "Sub-Sampling"

Der "Track-and hold"-Pfad eignet sich auch zur Erfassung der Amplitude schmaler Impulse. Dieser Pfad bietet eine Bandbreite von 12 MHz und eine unveränderliche Aperturzeit von 2 ns. Durch den sehr geringen Trigger-Jitter von nur 2 ns ist es möglich, die Spitzenamplitude von Impulsen mit einer Länge ab 40 ns präzise zu erfassen (siehe Abbildung E-4). Anstiegszeiten von weniger als 10 ns verursachen ein Überschwingen im digitalisierten Signal; deshalb sollten Sie, wenn entsprechende Frequenzkomponenten im Eingangssignal zu erwarten sind, die Signalbandbreite durch ein externes Filter begrenzen. In der "Direct-Sampling"-Betriebsart können über den "Track-and hold"-Pfad Signale mit Frequenzkomponenten bis zu 12 MHz erfasst werden. In der "Sub-Sampling"-Betriebsart wird der gleiche Pfad zur Erfassung repetitiver Signale bis zu 12 MHz verwendet.

Das 3458A lässt sich sehr einfach für "Direct-Sampling" - oder "Sub-Sampling"-Digitalisierung über den "Track-and hold"-Pfad programmieren. Hierzu wird nur ein einziger Befehl benötigt, beispielsweise DSAC für "Direct-Sampling" mit AC-Kopplung oder SSAC für "Sub-Sampling" mit AC-Kopplung. Für diese Befehle sind Standardparameter definiert, die Sie bei Bedarf ändern können.

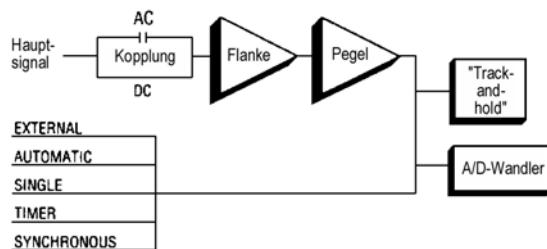


**Abbildung E-4** Zur Erfassung der Amplitude eines schmalen Impulses müssen Sie den "Track-and hold"-Pfad mit einer Bandbreite von 12 MHz verwenden. Beachten Sie, dass der Zeitabstand zwischen Triggerereignis und Beginn der Signalabtastung mindestens 175 ns beträgt.

## Signalerfassung

Das 3458A kann durch eines der folgenden Ereignisse getriggert werden:  
spezifizierter Pegel auf der spezifizierten Flanke des Eingangssignals;  
Netzspannungs-Nulldurchgang; GPIB-Universalbefehl GET (Group Execute  
Trigger); externes TTL-Signal; intern generiertes Triggersignal; Einlesen eines  
Messwerts durch den Steuercomputer.

Das 3458A bietet drei Triggerebenen und bis zu acht Ereignisbedingungen (darunter auch Eingangssignalpegel und -flanke), die Sie fast beliebig miteinander kombinieren können, um genau den gewünschten Signalabschnitt zu erfassen. Die Triggerhierarchie umfasst folgende Ebenen: Triggerfreigabe (TARM), Trigger (TRIG) und Anzahl der Messungen pro Trigger (NRDGS). Für "Direct-Sampling"- und "Sub-Sampling"-Signalerfassung sind zwei zusätzliche, speziell für Digitalisierungsanwendungen vorgesehene Befehle verfügbar: der mit NRDGS verwandte Befehl SWEEP und der Befehl SSRC zur Wahl der Triggerquelle (Pegel oder extern) für "Sub-Sampling". Sie können zwischen zahlreichen Ereignissen und Bedingung wählen, die eintreten bzw. erfüllt sein müssen, bevor die Signalerfassung beginnt (siehe Abbildung E-5). Der Standardwert für alle drei Triggerebenen ist AUTO; das bedeutet, dass das 3458A einen internen Trigger generiert, sobald die jeweilige Konfiguration dies erlaubt.



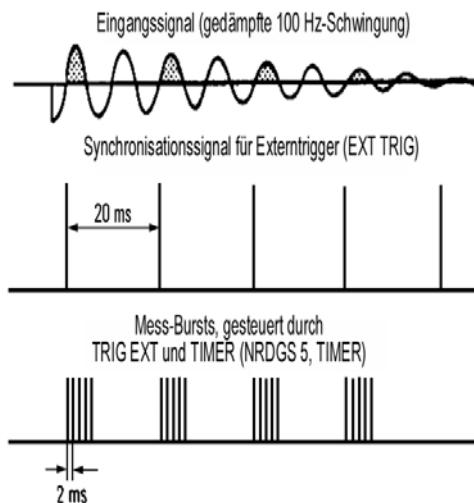
**Abbildung E-5** Durch die vielfältigen Triggermöglichkeiten lässt sich die Signalerfassung an die unterschiedlichsten Anforderungen anpassen.

Das Triggerfreigabeereignis (TARM) ist die erste Bedingung, die erfüllt sein muss. Nur wenn diese Bedingung erfüllt ist, reagiert die Triggerschaltung auf einen Trigger. Wenn beispielsweise ein externes Synchronisationssignal verfügbar ist, kann dieses als Triggerfreigabeereignis verwendet werden; in diesem Fall ist TARM EXT zu spezifizieren. Der Befehl TARM ermöglicht auch eine Mehrfach-Triggerfreigabe. TARM SGL,4 beispielsweise spezifiziert, dass die Triggerfreigabe insgesamt viermal erfolgen soll. Siehe hierzu [Abbildung E-6](#).

```

10 OUTPUT 722; "TARM HOLD"      ! Triggerfreigabe deakti-
                                ! vieren
20 OUTPUT 722,"TRIG EXT"        ! Triggerereignis EXT
30 OUTPUT 722, "NRDGS 5, TIMER" ! Fünf Messungen pro Trigger-
                                ! ereignis
40 OUTPUT 722; "TIMER 2E-3"     ! Zeitintervall zwischen den
                                ...                         ! Messungen = 2E-3 oder 2 ms
200 OUTPUT 722; "TARM SLG, 4"   ! Nach erfolgter Triggerung
                                ! werden vier Bursts erfasst

```



**Abbildung E-6** Bei dieser Messung geht es darum, das Ausklingen einer gedämpften Schwingung zu charakterisieren. Der Befehl TARM SGL, 4 bewirkt, dass nur vier Messzyklen ausgeführt werden; dadurch wird die zur Bestimmung der Amplitudenverhältnisse der schattierten Signalbereiche erfasste Datenmenge begrenzt.

Als nächstes muss die Triggerbedingung (TRIG) erfüllt sein. Nur wenn sowohl die TARM-Bedingung als auch die TRIG-Bedingung erfüllt sind, kann die mit dem Befehl NRDGS spezifizierte Anzahl von Messungen ausgeführt werden. Siehe hierzu Abbildung E-7.

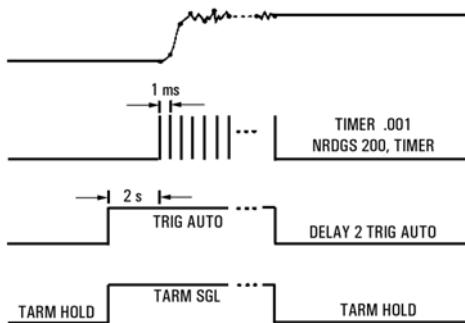
**NRDGS [# Anzahl von Messungen] [, Ereignis]**

spezifiziert die Anzahl der auszuführenden Messungen sowie die Triggerbedingung, die jeweils eine Messung auslöst.

Die Befehle SWEEP und SSRC sind speziell zur Vereinfachung der Digitalisierung vorgesehen. Der Befehl

**SWEET [effektives Zeitintervall zwischen je zwei Abtastwerten] [, Anzahl der Abtastwerte]**

vereinigt in sich die NRDGS- und TIMER-Parameter. SSRC spezifiziert die Synchronisationsquelle für "Sub-Sampling" (extern oder Pegel). Sowohl SWEEP als auch SSRC werden für SSAC ("Sub-Sampling", AC-Kopplung) und SSDC ("Sub-Sampling", DC-Kopplung) verwendet; NRDGS und TRIG werden ignoriert. Für DSAC ("Direct-Sampling", AC-Kopplung) und DSDC ("Direct-Sampling", DC-Kopplung) sind alle Triggerbefehle gültig; es wird jedoch davon abgeraten, beide in der gleichen Messung zu verwenden.



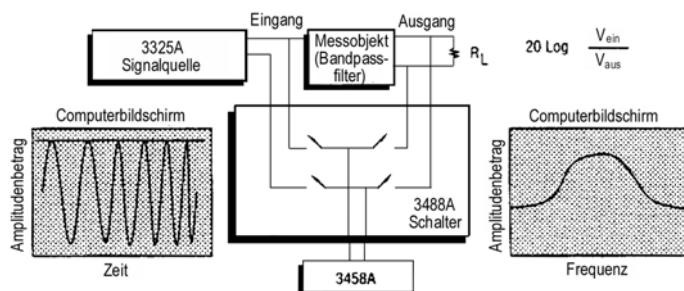
**Abbildung E-7** Sobald die Triggerfreigabe- und Triggerereignisse eingetreten sind, beginnt die Digitalisierung des Eingangssignals.

Wenn Sie beispielsweise ein Signal mit 100 ns Zeitauflösung über eine Länge von 4096 Abtastwerten erfassen möchten, spezifizieren Sie:

[SWEEP 100E-9,4096]

Das 3458A multipliziert die Anzahl der Abtastwerte mit dem Zeitintervall und dividiert das Ergebnis durch den Mindest-Zeitabstand zwischen den Abtastwerten.

Zusammen mit Extern-Trigger-Synchronisation kann eine Verzögerung angewandt werden, um das Messfenster über genau den Signalabschnitt zu legen, den Sie im Detail analysieren möchten. **Abbildung E-8** zeigt eine Konfiguration, in der ein 3458A zusammen mit einem Wobbelgenerator 3325A dazu verwendet wird, den Frequenzgang eines Bandpassfilters über den Frequenzbereich von 0.5 bis 5 MHz zu messen. Die höchste vorkommende Frequenz beträgt 5 MHz. Wenn zwei Abtastwerte pro Signalperiode erfasst werden sollen, beträgt – bei Messung über das gesamte Band – der Mindest-Zeitabstand zwischen den Abtastwerten 100 ns. In diesem Fall können Sie zwischen zwei Methoden wählen: (1) Erfassung des gesamten Frequenzbereichs mit einem konstanten Abtastintervall von 100 ns, oder (2) Unterteilung des Frequenzbereichs in mehrere Bänder, die jeweils mit einem bandspezifischen Abtastintervall von  $1/(2f_0)$  erfasst werden. Die erste Methode ermöglicht eine schnellere Datenerfassung, die zweite Methode stellt weniger hohe Anforderungen an die Rechenleistung des Steuercomputers.



**Abbildung E-8** In dieser Anwendung wird das 3458A zusammen mit einem Wobbelgenerator als Verstärkung/Phase-Messgerät betrieben. Es wird der Amplitudenfrequenzgang eines Filters gemessen und als Bode-Diagramm dargestellt. Das Timing wird durch einen phasensynchronen Trigger gesteuert.

## Schnelle Datenübertragung zum Steuercomputer

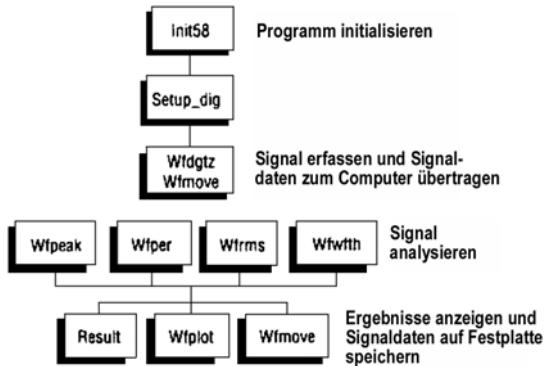
Das 3458A kann nur dann Messdaten mit der Geschwindigkeit seiner vollen Messrate zu einem Computer HP 9000 Serie 200/300 übertragen, wenn dieser mit einer DMA-fähigen GPIB-Karte ausgestattet ist und in geeigneter Weise für schnelle Datenübertragung konfiguriert wurde. Die Messdaten können aus dem Messwertspeicher des 3458A ausgelesen oder während der Messung in Echtzeit übertragen werden. Zwei Bedingungen müssen erfüllt sein: Das Multimeter muss im "High-Speed"-Modus betrieben werden, und im Steuercomputer müssen geeignete Puffer eingerichtet sein.

Um das Multimeter für größtmögliche Messgeschwindigkeit zu konfigurieren, senden Sie einfach den Befehl PRESET DIG.

In der "Direct-Sampling"-Betriebsart ist die Signalrekonstruktion im Steuercomputer kein Problem, weil die Abtastwerte in der richtigen Reihenfolge geliefert werden. Auch in der "Sub-Sampling"-Betriebsart ist die Rekonstruktion kein Problem, sofern der Messwertspeicher des Multimeters benutzt wird, weil dann das Multimeter die Abtastwerte automatisch in der richtigen Reihenfolge sortiert.

## Softwarelösung: "Wave Form Analysis Library"

Mithilfe des Softwarepaketes "Wave Form Analysis Library" (Option 005 zum 3458A, 03458-80005) können Sie nicht nur Signale erfassen, ohne 3458A-Befehle benutzen zu müssen, sondern die erfassten Signaldaten auch auf einfachste Weise analysieren und darstellen. Die Software erfordert nur ein Minimum an Computer- und Messgerätekennissen. Bei der Entwicklung Ihres primären Programms zum Aufruf von BASIC-Sprache und kompilierten Unterprogrammen müssen Sie lediglich auf eine einfache Abfolge aus Messanordnung, Messdatenerfassung, Analyse und Darstellung achten. Siehe hierzu Abbildung E-9.



**Abbildung E-9** Typische Struktur eines Programms zu Signalerfassung und -analyse unter Verwendung von Unterprogrammen aus der "Wave Form Analysis Library". (Die Bibliothek enthält noch weitere Unterprogramme).

Diese umfangreiche Softwarebibliothek bietet Routinen sowohl für die Zeitebenen-Analyse (Frequenz, Anstiegszeit, Pulsbreite, Überschwingen usw.) als auch für die Frequenzebenen-Analyse (FFT, Fast Fourier Transform, und IFT, Inverse Fourier Transform, mit Hanning-Filter). Darüber hinaus enthält die Bibliothek ein "Fast Scope"-Programm, das es ermöglicht, mit einer Kombination aus einem 3458A und einem Computer HP 9000 Serie 200/300 bis zu 50.000 Messwerte pro Sekunde zu erfassen und auf dem Computerbildschirm mit einer Aktualisierungsrate von bis zu 5 Signalen pro Sekunde darzustellen. Diese Kombination ist äquivalent zu einem extrem hochauflösenden Einkanal-Oszilloskop mit einer Single-Shot-Bandbreite von 12 MHz.

Darüber hinaus ermöglicht es Ihnen die "Wave Form Analysis Library", erfasste Signale automatisch mit benutzerdefinierten Grenzwerten zu vergleichen.

Weiterhin enthält die Bibliothek diverse Hilfsfunktionen wie z. B.: "Format" (für die Maßeinheiten-Konvertierung); "Intrpo" (für lineare Signaldaten-Interpolation); "Sinc" (für Sinc-Interpolation von Signaldaten nahe der Nyquist-Grenze); und "Warn58" (für die Ausgabe von Fehlermeldungen oder Warnhinweisen auf den Computerbildschirm oder Drucker).

Das folgende Beispiel zeigt, wie man mithilfe der "Wave Form Analysis Library" ein amplitudenmoduliertes Signal erfasst und aus den Signaldaten die Trägerfrequenz, die Modulationsfrequenz und den Modulationsgrad berechnet.

Als erstes wird das Hauptprogramm geschrieben, das eine Reihe von Bibliotheks routinen aufruft. Das Hauptprogramm ist ein Code-Block, der nacheinander die Routinen aufruft, die zur Lösung der gegebenen Messaufgabe benötigt werden, und an diese Routinen die nötigen Parameter über gibt. Das Hauptprogramm kann kurz oder lang sein, je nach Komplexität der Messaufgabe. Die nachfolgenden Befehlszeilen sind ein Ausschnitt aus einem größeren Hauptprogramm. Dieses Programm erfasst mithilfe des 3458A ein Signal, überträgt die Signaldaten zum Computer und stellt das Signal auf dem Computerbildschirm dar. Es verwendet vier Bibliotheks routinen: "Setup\_dig", "Wfdgtz", "Wfmove" und "Wfplot". Die Routine "Setup\_dig" konfiguriert das Multimeter; sie wählt das Digitalisierungsverfahren (DCV, DSAC, DSDC, SSAC oder SSDC), das Abtastintervall und die Anzahl der Abtastwerte (falls die Signaldaten einer FFT- oder IFT-Analyse unterzogen werden sollen, muss die Anzahl der Abtastwerte eine Zweierpotenz sein). "Wfdgtz" ist für die Signalerfassung zuständig, "Wfmove" für die Datenübertragung und "Wfplot" für die Signaldarstellung.

```
1280 CALL Setup_dig(1,1.e-5,1000)
1270 CALL Wfdgtz(1)
1280 CALL Wfmove("1","98",Scal(*),Wavf(*),Clip)
1290 CALL Wfplot(Scal(*),"Wave form 1",Wavf(*),1,1)
```

Routinen sind äußerst "mächtige" Werkzeuge – das gilt für alle Programmiersprachen. Jede Routine hat ihren eigenen Kontext, der von dem des Hauptprogramms unabhängig ist. Das bedeutet, dass jede Routine eigene (lokale) Variablen und eigene Zeilennummern verwendet.

## Vorlage für ein Hauptprogramm

Jedes Programm, das Bibliotheksroutine benutzt, erfordert ein Hauptprogramm. Viele der in unserem Programmbeispiel verwendeten Daten-Arrays müssen in jedem Hauptprogramm dimensioniert werden. Auch die von vielen Bibliotheksroutine verwendeten COM-Befehle werden in den meisten Hauptprogrammen benötigt. Die "Wave form Analysis Library" enthält deshalb die folgende Vorlage für ein Hauptprogramm, die Sie als Ausgangsbasis für Ihre eigenen Hauptprogramme verwenden können.

```

10 ! Hauptprogramm
20 ! Hauptprogramm-Vorlage zur Erleichterung der Programmentwicklung
30 !*** COMMON
40 COM/Hp3458/@Recorder,Xist_plotter,Prt,Bus,Xist
50 !*** Real Arrays
60 REAL Scal(0:4),Yamp(0:7)
70 !*** STRINGS
80 DIM Source$[50],Destin$[50],Titles$[30]
90 !*** INTEGER ARRAYS
100 INTEGERWavf(1:16384),Redg(0:30),Fedg(0:30),Bandwf(0:163)
110 DISP ! Bildschirmzeile löschen
120 OUTPUT I USING "@" ! Bildschirm löschen
130 !
140 CALL Init58 ! Bus "aufwecken"
150 !
160 GINIT ! Grafiken initialisieren
170 !
180 ! Hier benutzerspezifisches Haupt-
185 ! programm einfügen
250 ! Ende des benutzerspezifischen Haupt-
255 ! programms
260 END

```

Kommen wir zurück auf unsere Messaufgabe. Zur Analyse des amplitudenmodulierten Signals werden folgende Routinen benötigt:

"Setup\_dig", "Wfdgtz", "Wfmmove" "Fft" und "Fft\_plot".

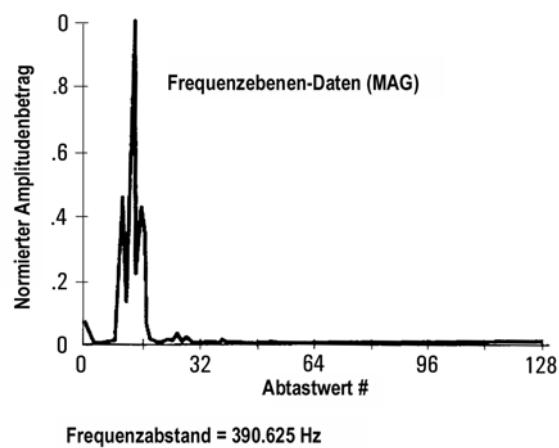
Die entsprechenden Aufrufe im Hauptprogramm sehen folgendermaßen aus:

```

190 CALL Setup_dig(2,20E-6,512)
200 CALL Wfdgtz (1)
210 CALL Wfmmove("1","98",Scal(*),Wavf(*),Clip)
220 CALL Fft (512,1,Hanning,Wavf(*),Real_dat(*),Imag_dat(*),Magn_dat(*))
240 CALL Fft_plot(Magn_data(*),Smpl_intvl,Dyn_range,F_start,F_stop,Title$)
250 END

```

Abbildung E-10 zeigt die Ergebnisse dieses Programms.



**Abbildung E-10** Ergebnisse eines Programms, das unter Verwendung von Routinen aus der "Wave Form Analysis Library" erstellt wurde.

## Messunsicherheiten

Beim Digitalisierungsprozess können sich diverse Fehler einschleichen. Die ungewöhnliche Flexibilität des 3458A hilft Ihnen, viele dieser Fehler zu vermeiden oder zu kompensieren. Digitalisierungsfehler lassen sich danach kategorisieren, welchen Amplitudenfehler- und welchen Timing-Fehler-Beitrag sie zum Gesamt-Messfehler leisten. Bei dynamischen Signalen verursachen Timing-Fehler stets auch Amplitudenfehler. Die meisten Timing-Fehler sind glücklicherweise differentieller Natur, und absolute Timing-Fehler lassen sich auskalibrieren. Ein genauerer Blick auf das Blockschaltbild des 3458A lässt die möglichen Messfehlerquellen erkennen; diese sind in [Abbildung E-11](#) zusammengefasst.

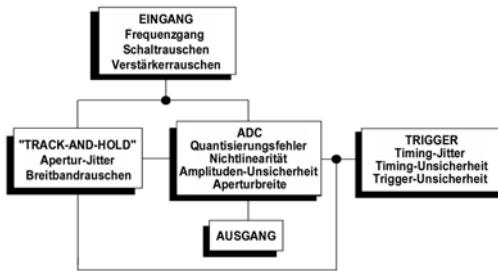
Ganz allgemein können Digitalisierungsfehler die Amplitudenachse oder die Zeitachse betreffen.

Die wichtigsten Amplitudenfehler sind:

- 1** Quantisierungsfehler
- 2** Fehlende Codes
- 3** Nichtlinearität
- 4** Rauschen
- 5** Begrenzte Bandbreite
- 6** Amplituden-Messunsicherheit

Die wichtigsten Timing-Fehler sind:

- 1** Zeitbasisreferenz-Jitter
- 2** Triggerunsicherheit
- 3** Triggernauigkeit
- 4** Triggerlatenz
- 5** Aperturbreite
- 6** Apertur-Jitter



**Abbildung E-11** Diese potentiellen Fehlerquellen sollten bei der Digitalisierung von Signalen berücksichtigt werden.

## Amplitudenfehler

Die Eingangsbaugruppe des 3458A enthält Schalter (Relais), Abschwächer und Verstärker, die dazu dienen, das Eingangssignal aufzubereiten und zum A/D-Wandler oder zur "Track-and-hold"-Schaltung zu leiten. Die "Autozero"-Funktion eliminiert zwar den Offset-Fehler, doch der Restfehler pflanzt sich fort. Dies ist der Niederfrequenzteil des 3458A. Je nach Messbereich wird das Signal durch ein Tiefpassfilter (bandbreitenbegrenzter Eingangsverstärker) geleitet, bevor es zum A/D-Wandler gelangt.

Der Quantisierungsfehler ist ein prinzipieller (d. h. auch bei einem idealen System vorhandener) Fehler, der darauf zurückzuführen ist, dass das kontinuierliche (analoge) Signal durch eine endliche Anzahl diskreter Digitalwerte approximiert wird. Die Auflösung des A/D-Wandlers bestimmt die Anzahl der verfügbaren diskreten Digitalwerte und hat daher einen direkten Einfluss auf die Größe dieses Fehlers. Die Begrenzungen durch die endliche Auflösung lassen sich zum Teil durch Verwendung von "Fensterverstärkern" umgehen, die es ermöglichen, Signaldetails auch in Anwesenheit größerer Offsetspannungen zu erfassen. Allerdings verursachen solche Verstärker zusätzliche Fehler und sind bei Verwendung eines hochauflösenden A/D-Wandlers überflüssig.

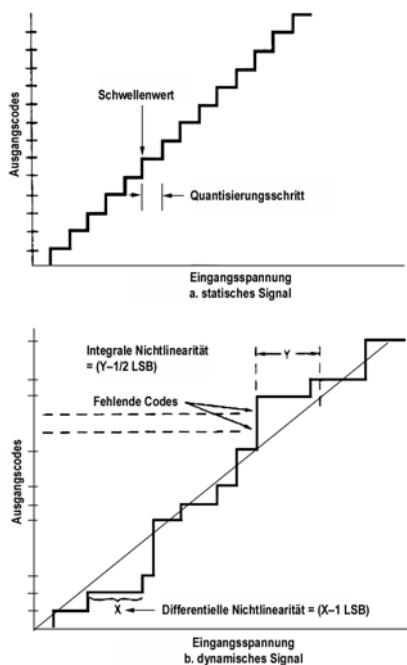
Fehlende Codes zeigen sich nur bei hohen Frequenzen. Die häufigste Ursache für fehlende Codes ist dielektrische Absorption (DA), die Polarisierung von Dipolen im Isolationsmaterial, das den Leiter umgibt. Dieses Problem lässt sich durch sorgfältiges Design eliminieren, doch kann DA dazu führen, dass sich eine Messung an vorhergehende Messungen "erinnert" ("Memory"-Effekt). Wenn man dem A/D-Wandler genügend Zeit zum Einschwingen lässt, ist der durch fehlende Codes hervorgerufene Fehler kleiner als der Quantisierungsfehler.

Fehlende Codes und Quantisierungsfehler ergeben zusammen die A/D-Wandler-Nichtlinearität. Es ist zwischen zwei Arten von Nichtlinearität zu unterscheiden: differentielle und integrale Nichtlinearität. Die differentielle Nichtlinearität gibt an, um wieviel eine Stufe im ungünstigsten Fall größer oder kleiner als 1 LSB ist. Die integrale Nichtlinearität ist die maximale Abweichung der Linearitätskurve von einer nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate berechneten Regressionsgeraden. Ganz allgemein kann die differentielle Nichtlinearität einen signifikanten Messfehler hervorrufen, wenn ein (im Vergleich zur A/D-Wandler-Vollaussteuerung) schwaches Signal zufällig in den fehlerhaften Bereich der A/D-Wandler-Kennlinie fällt. Die integrale Nichtlinearität wirkt sich dagegen hauptsächlich bei Vollaussteuerung des A/D-Wandlers aus.

Beachten Sie, dass die A/D-Wandler-Kennlinie in hohem Maße von der Slew-Rate (Anstiegsgeschwindigkeit  $dV/dt$ ) des Eingangssignals abhängig ist. Es ist durchaus möglich, dass die Kennlinie für ein statisches (DC-) Eingangssignal nahezu ideal aussieht, aber unter dynamischen Betriebsbedingungen zahlreiche Fehler aufweist (siehe Abbildung E-12).

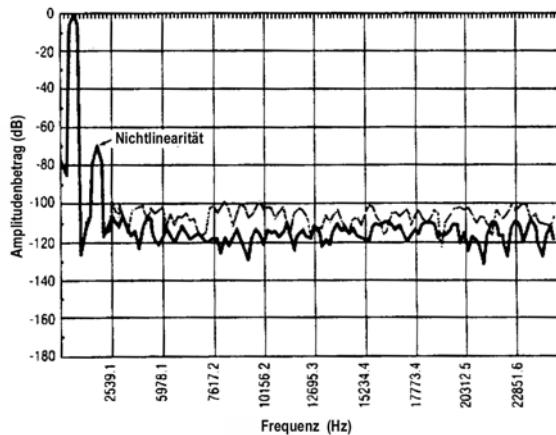
Ein weiteres Phänomen, dem man bei Messungen jedweder Art nicht entrinnen kann, ist das mit zunehmender Bandbreite ansteigende Rauschen. Die rauschbedingten Fehler lassen sich jedoch durch Mittelung über mehrere Messungen reduzieren. Rauschen kann von messgeräteinternen Rauschquellen ausgehen (Johnson- und anderes Rauschen von Bauteilen), aber auch das Eingangssignal selbst kann verrauscht sein. Alle Methoden zur Rauschunterdrückung gehen zu Lasten einer längeren Messzeit. Ein Maß für die Digitalisierungsgenauigkeit eines A/D-Wandlersystems ist die Anzahl der "effektiven Bits". Dieser Wert, in den sowohl die Nichtlinearität als auch das Rauschen eingehen, gibt die tatsächlich nutzbare Auflösung an.

$$\text{Effektive Bits} = N - \log_2(\text{eff. Fehler (tatsächlich)} / \text{eff. Fehler (ideal)})$$



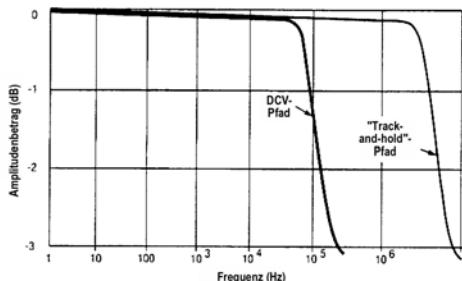
**Abbildung E-12** Es ist durchaus möglich, dass ein A/D-Wandler bei Ansteuerung mit statischen DC-Eingangsspannungen eine nahezu ideale Kennlinie aufweist (oberes Diagramm), während bei dynamischer Ansteuerung zahlreiche Fehler auftreten (unteres Diagramm).

Der "eff. Fehler (tatsächlich)" ist der Fehler relativ zur einem perfekten Sinussignal, das nach der Methode der kleinsten Fehlerquadrate an das Eingangssignal angepasst wurde. Der "eff. Fehler (ideal)" ist der theoretische Fehler für einen perfekten A/D-Wandler mit einer Auflösung von N bit. Bei Messgeräten mit geringer Auflösung ist die Anzahl der effektiven Bits ein brauchbares Maß für die Digitalisierungsqualität. Bei hochauflösenden Messgeräten hingegen werden die Digitalisierungsfehler in der Regel durch das unvermeidliche Rauschen überdeckt. Durch Mittelung über zahlreiche Messungen kann das Rauschen jedoch so weit reduziert werden, dass die Quantisierungs- und Nichtlinearitätsfehler des A/D-Wandlers in der Fourier-Transformation der digitalisierten Daten erkennbar sind. **Abbildung E-13** zeigt ein Beispiel hierfür. Die "dritte Harmonische" des Eingangssignals ist in Wirklichkeit ein Artefakt, hervorgerufen durch die integrale Nichtlinearität. Eine Mittelung über zehn Messungen verringert das Rauschen um 10 dB, hat auf diese Verzerrung aber keinen Einfluss.



**Abbildung E-13** Ein mit Nichtlinearitätsfehlern behafteter A/D-Wandler verursacht Signalverzerrungen, die sich durch Mittelung nicht reduzieren lassen. Der A/D-Wandler im 3458A ist bei einer Abtastrate von 100.000 Sa/s linear bis zu 16 bit.

Das 3458A bietet zwei separate Eingangspfade: Der direkt zum A/D-Wandler führende DCV-Pfad bietet eine Bandbreite bis zu 160 kHz bei Abtastraten bis zu 100.000 Sa/s; der "Track-and hold"-Pfad bietet eine Bandbreite von 12 MHz bei einer Abtastrate von 50.000 Sa/s. Die genannten Bandbreiten-Obergrenzen sind die -3dB-Punkte; oberhalb davon verläuft der Frequenzgang wie bei einem Tiefpassfilter erster Ordnung. Dadurch können zwei Fehler entstehen: Aliasing und Amplitudenabfall. Im "Track-and hold"-Pfad lässt sich Aliasing durch Erhöhen der effektiven Abtastrate bis auf 100 MSa/s vermeiden, und der Amplitudenabfall der "Track-and-hold"-Schaltung im interessierenden Frequenzbereich lässt sich charakterisieren und kompensieren. Im DCV-Pfad lässt sich Aliasing nur durch ein externes Tiefpassfilter verhindern. Siehe [Abbildung E-14](#).



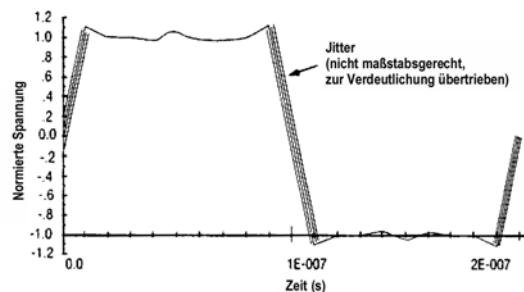
**Abbildung E-14** Frequenzgänge der verschiedenen Messpfade des 3458A.

Ein Punkt, der bei Digitizern oft wenig beachtet wird, ist die Amplitudengenauigkeit der Messung selbst. Diese ist von der Genauigkeit der internen Referenz des 3458A abhängig. Die absolute Amplitudengenauigkeit des 3458A ist sowohl bei statischen als auch dynamischen Messungen besser als die Auflösung. Der absolute Fehler durch Langzeitdrift beträgt weniger als 7 ppm pro Jahr.

## Trigger- und Zeitbasisfehler

Als Zeitbasis wird ein hochgenauer, temperaturkompensierter Schwingquarz verwendet, dessen Drift und Jitter bei dynamischen Eingangssignalen theoretisch die Amplitudengenauigkeit beeinflussen. Die genannten Effekte sind jedoch in Relation zur Messbandbreite des 3458A marginal (weniger als 50 ps) und wirken sich daher in der Praxis nicht aus. Der Zeitbasis-Jitter-Fehler ist nicht kumulativ; das bedeutet, dass jeder Abtastwert mit einem individuellen Jitter-Fehler behaftet ist und nicht mit dem kumulierten Jitter der vorangehenden. **Abbildung E-15** zeigt die Auswirkungen sämtlicher Timing-Fehler.

Der Triggerfehler ist um Größenordnungen größer als die Zeitbasisdrift- und Zeitbasis-Jitter-Fehler. Dieser Fehler ist auf zwei Effekte zurückzuführen. Weil das 3458A keine Verzögerungsleitung enthält, gibt es eine Triggerlatenz, d. h. eine Zeitverzögerung zwischen dem Trigger und dem Beginn der Messung bzw. Signalerfassung. Die Dauer dieser Verzögerung wird bestimmt durch die Firmware, das Taktsignal und die Timing-Schaltungen. Die spezifizierte Latenz für externe Trigger beträgt weniger als 175 ns. Die Genauigkeit der Triggerung kann auch durch Rauschen auf dem Triggersignal und im Zeitinterpolator beeinflusst werden. Diese Effekte liegen ebenfalls in der Größenordnung von 50 ps, sofern das Triggersignal nicht stark verrauscht ist. Bei verrauschem Triggersignal sollte das interne Triggerfilter des 3458A aktiviert werden, das die Bandbreite der Triggerschaltung auf 70 kHz (Nennwert) reduziert.



**Abbildung E-15** Auswirkungen des Zeitbasis-Jitters. Beim Multimeter 3458A beträgt dieser Jitter 50 ps eff. Dieser Jitter ist reproduzierbar und lässt sich daher charakterisieren und kompensieren.



Die in diesem Handbuch enthaltenen Informationen können jederzeit ohne Vorankündigung geändert werden. Die aktuelle Version ist stets die englische Version auf der Keysight Website.

© Keysight Technologies 1988 - 2023  
Ausgabe 10, März 2023

Gedruckt in Malaysia



03458-90511

[www.keysight.com](http://www.keysight.com)