

**Zeitgeber, Zähler und Analysatoren der Serien FCA3000
und FCA3100
Mikrowellenzähler/-analysator der Serie MCA3000
Benutzerhandbuch**



077-0500-01

Tektronix

**Zeitgeber, Zähler und Analysatoren der Serien FCA3000 und
FCA3100
Mikrowellenzähler/-analysator der Serie MCA3000
Benutzerhandbuch**

Copyright © Tektronix. Alle Rechte vorbehalten. Lizenzierte Software-Produkte stellen Eigentum von Tektronix oder Tochterunternehmen bzw. Zulieferern des Unternehmens dar und sind durch nationale Urheberrechtsgesetze und internationale Vertragsbestimmungen geschützt.

Tektronix-Produkte sind durch erteilte und angemeldete Patente in den USA und anderen Ländern geschützt. Die Informationen in dieser Broschüre machen Angaben in allen früheren Unterlagen hinfällig. Änderungen der Spezifikationen und der Preisgestaltung vorbehalten.

TEKTRONIX und TEK sind eingetragene Marken der Tektronix, Inc.

TimeView ist ein Warenzeichen von Pendulum AB.

Tektronix-Kontaktinformationen

Tektronix, Inc.
14150 SW Karl Braun Drive
P.O. Box 500
Beaverton, OR 97077
USA

Informationen zu diesem Produkt und dessen Verkauf, zum Kundendienst sowie zum technischen Support:

- In Nordamerika rufen Sie die folgende Nummer an: 1-800-833-9200.
- Unter www.tektronix.com finden Sie die Ansprechpartner in Ihrer Nähe.

Garantie

Tektronix garantiert, dass dieses Produkt für einen Zeitraum von drei (3) Jahren ab Versanddatum keine Fehler in Material und Verarbeitung aufweist. Wenn ein Produkt innerhalb dieser Garantiezeit Fehler aufweist, steht es Tektronix frei, dieses fehlerhafte Produkt kostenlos zu reparieren oder einen Ersatz für dieses fehlerhafte Produkt zur Verfügung zu stellen. Von Tektronix für Garantiezwecke verwendete Teile, Module und Ersatzprodukte können neu oder in ihrer Leistung neuwertig sein. Alle ersetzten Teile, Module und Produkte werden Eigentum von Tektronix.

Um mit dieser Garantie Kundendienst zu erhalten, muss der Kunde Tektronix über den Fehler vor Ablauf der Garantiezeit informieren und geeignete Vorkehrungen für die Durchführung des Kundendienstes treffen. Der Kunde ist für die Verpackung und den Versand des fehlerhaften Produkts an die Service-Stelle von Tektronix verantwortlich, die Versandgebühren müssen im Voraus bezahlt sein. Tektronix übernimmt die Kosten der Rücksendung des Produkts an den Kunden, wenn sich die Versandadresse innerhalb des Landes der Tektronix Service-Stelle befindet. Der Kunde übernimmt alle Versandkosten, Fracht- und Zollgebühren sowie sonstige Kosten für die Rücksendung des Produkts an eine andere Adresse.

Diese Garantie tritt nicht in Kraft, wenn Fehler, Versagen oder Schaden auf die falsche Verwendung oder unsachgemäße und falsche Wartung oder Pflege zurückzuführen sind. Tektronix muss keinen Kundendienst leisten, wenn a) ein Schaden behoben werden soll, der durch die Installation, Reparatur oder Wartung des Produkts von anderem Personal als Tektronix-Vertretern verursacht wurde; b) ein Schaden behoben werden soll, der auf die unsachgemäße Verwendung oder den Anschluss an inkompatible Geräte zurückzuführen ist; c) Schäden oder Fehler behoben werden sollen, die auf die Verwendung von Komponenten zurückzuführen sind, die nicht von Tektronix stammen; oder d) wenn ein Produkt gewartet werden soll, an dem Änderungen vorgenommen wurden oder das in andere Produkte integriert wurde, so dass dadurch die aufzuwendende Zeit für den Kundendienst oder die Schwierigkeit der Produktwartung erhöht wird.

DIESE GARANTIE WIRD VON TEKTRONIX FÜR DAS PRODUKT ANSTELLE ANDERER AUSDRÜCKLICHER ODER IMPLIZITER GARANTIEN GEGEBEN. TEKTRONIX UND SEINE HÄNDLER SCHLIESSEN AUSDRÜCKLICH ALLE GARANTIEN HINSICHTLICH DER HANDELSGÄNGIGKEIT UND DER EIGNUNG FÜR EINEN BESTIMMTEN ZWECK AUS. FÜR TEKTRONIX BESTEHT DIE EINZIGE UND AUSSCHLIESSLICHE VERPFLICHTUNG DIESER GARANTIE DARIN, FEHLERHAFTE PRODUKTE FÜR DEN KUNDEN ZU REPARIEREN ODER ZU ERSETZEN. TEKTRONIX UND SEINE HÄNDLER ÜBERNEHMEN KEINERLEI HAFTUNG FÜR DIREKTE, INDIREKTE, BESONDERE UND FOLGESCHÄDEN, UNABHÄNGIG DAVON, OB TEKTRONIX ODER DER HÄNDLER VON DER MÖGLICHKEIT SOLCHER SCHÄDEN IM VORAUS UNTERRICHTET IST.

[W4 – 15AUG04]

Inhalt

Allgemeine Sicherheitshinweise	iii
Vorwort	v
Über dieses Handbuch	v
Funktionen	v
Leistungsfähige und vielseitige Funktionen	vi
Keine Fehler	vi
Design-Innovationen	vii
Fernsteuerung	vii
Auspacken	1
Standardzubehör	1
Identifikation	1
Installation	1
Umgang mit dem Gerät	3
Vorderseite	3
Eingangsstecker	4
Rückseite	5
Hauptbildschirm	6
Bedienelemente	10
Numerische Werte eingeben	15
Menüs	15
Eingangssignal-Konditionierung	23
Eingangsbedienelemente	23
Verringern oder Ignorieren von Rauschen und Störsignalen	28
Frequenzmessungen	33
Messtheorie	33
Eingänge A und B	39
Eingang C	40
Verhältnis A/B, B/A, C/A, C/B	41
Burst A, B, C	41
Frequenzmodulierte Signale	44
AM-Signale	47
Periode	49
Frequenz	50
Zeitmessungen	51
Einleitung	51
Zeitintervall	52
Anstiegs-/Abfallzeit A/B	52
Zeitintervallfehler (TIE) (nur Serie FCA3100)	54
Impulsbreite A/B	54

Lastfaktor A/B	54
Fehler bei der Zeitmessung	55
Phasenmessungen	57
Auflösung	58
Mögliche Fehler	58
Summe (nur Serie FCA3100)	62
Spannungsmessungen	67
V_{MAX} , V_{MIN} und V_{PP}	67
V_{RMS}	67
Math. und statistische Messungen	69
Mittelwertbildung	69
Mathematik	69
Statistik	70
Grenzwertprüfung	75
Aktivierung	77
Richtlinien	77
Start- und Stoppaktivierung	78
Aktivierungs-Eingangssignale	80
Aktivierung und Setup-Zeit	81
Aktivierungsbeispiele	82
Aktivierung und Profilbestimmung	88
Anhang A: Standard-Geräteeinstellungen	91
Anhang B: Steuern des Messungs-Timings	93
Der Messvorgang	93
Index	

Allgemeine Sicherheitshinweise

Beachten Sie zum Schutz vor Verletzungen und zur Verhinderung von Schäden an diesem Gerät oder an damit verbundenen Geräten die folgenden Sicherheitshinweise.

Verwenden Sie dieses Gerät nur gemäß der Spezifikation, um jede mögliche Gefährdung auszuschließen.

Wartungsarbeiten sind nur von qualifiziertem Personal durchzuführen.

Während der Verwendung des Geräts müssen Sie eventuell auf andere Teile eines umfassenderen Systems zugreifen. Beachten Sie die Sicherheitsangaben in Handbüchern für andere Komponenten bezüglich Warn- und Vorsichtshinweisen zum Betrieb des Systems.

Verhütung von Bränden und Verletzungen

Verwenden Sie ein ordnungsgemäßes Netzkabel. Verwenden Sie nur das mit diesem Produkt ausgelieferte und für das Einsatzland zugelassene Netzkabel.

Schließen Sie das Gerät ordnungsgemäß an. Trennen oder schließen Sie keine Tastköpfe oder Prüflleitungen an, während diese an einer Spannungsquelle anliegen.

Erden Sie das Produkt. Das Gerät ist über den Netzkabelschutzleiter geerdet. Zur Verhinderung von Stromschlägen muss der Schutzleiter mit der Stromnetzterdung verbunden sein. Vergewissern Sie sich, dass eine geeignete Erdung besteht, bevor Sie Verbindungen zu den Eingangs- oder Ausgangsanschlüssen des Geräts herstellen.

Beachten Sie alle Angaben zu den Anschlüssen. Beachten Sie zur Verhütung von Bränden oder Stromschlägen die Kenndatenangaben und Kennzeichnungen am Gerät. Lesen Sie die entsprechenden Angaben im Gerätehandbuch, bevor Sie das Gerät anschließen.

Die Eingänge sind nicht für Anschlüsse an Hauptstromkreise oder Schaltkreise der Kategorien II, III und IV ausgelegt.

Geben Sie keine Spannung auf Klemmen (einschließlich Masseanschlussklemmen), die den maximalen Nennwert der Klemme überschreitet.

Trennen vom Stromnetz. Das Netzkabel trennt das Gerät von der Stromversorgung. Blockieren Sie das Netzkabel nicht, da es für die Benutzer jederzeit zugänglich sein muss.

Schließen Sie die Abdeckungen. Nehmen Sie das Gerät nicht in Betrieb, wenn Abdeckungen oder Gehäuseteile entfernt sind.

Bei Verdacht auf Funktionsfehler nicht betreiben. Wenn Sie vermuten, dass das Gerät beschädigt ist, lassen Sie es von qualifiziertem Wartungspersonal überprüfen.

Vermeiden Sie offen liegende Kabel. Berühren Sie keine freiliegenden Anschlüsse oder Bauteile, wenn diese unter Spannung stehen.

Nicht bei hoher Feuchtigkeit oder Nässe betreiben.

Nicht in Arbeitsumgebung mit Explosionsgefahr betreiben.

Sorgen Sie für saubere und trockene Produktoberflächen.

Sorgen Sie für die richtige Kühlung. Weitere Informationen über die Gewährleistung einer ordnungsgemäßen Kühlung für das Produkt erhalten Sie im Handbuch.

Begriffe in diesem Handbuch

In diesem Handbuch werden die folgenden Begriffe verwendet:



WARNUNG. *Warnungen weisen auf Bedingungen oder Verfahrensweisen hin, die eine Verletzungs- oder Lebensgefahr darstellen.*



VORSICHT. *Vorsichtshinweise machen auf Bedingungen oder Verfahrensweisen aufmerksam, die zu Schäden am Gerät oder zu sonstigen Sachschäden führen können.*

Symbole und Begriffe am Gerät

Am Gerät sind eventuell die folgenden Begriffe zu sehen:

- **GEFAHR** weist auf eine Verletzungsgefahr hin, die mit der entsprechenden Hinweisstelle unmittelbar in Verbindung steht.
- **WARNUNG** weist auf eine Verletzungsgefahr hin, die nicht unmittelbar mit der entsprechenden Hinweisstelle in Verbindung steht.
- **VORSICHT** weist auf mögliche Sach- oder Geräteschäden hin.

Am Gerät sind eventuell die folgenden Symbole zu sehen:



Vorwort

Über dieses Handbuch

In diesem Handbuch finden Sie Informationen zur Bedienung von Zeitgebern, Zählern und Analysatoren der Serien FCA3000, FCA3100 und von Mikrowellenzählern/-analysatoren der Serie MCA3000.

Der Übersichtlichkeit halber sind Funktionen, die allen Geräten gemeinsam sind, nicht auf einen bestimmten Gerätenamen bezogen. Spezielle Funktionen einzelner Geräte oder Geräteserien sind deutlich gekennzeichnet.

Gerätereferenzen:

- **FCA3X00** bedeutet alle Geräte der Serien FCA3000 oder FCA3100
- **FCA3000** bedeutet alle Geräte der Serie FCA3000 (FCA3000, FCA3003, FCA3020)
- **FCA3100** bedeutet alle Geräte der Serie FCA3100 (FCA3100, FCA3103, FCA3120)
- **MCA3000** bedeutet alle Geräte der Serie MCA3000 (MCA3027 oder MCA3040)

Funktionen

- Großer Frequenzmessbereich bis zu 40 GHz
- Schnellster auf dem Markt erhältlicher Mikrowellenzähler (25 ms Erfassungszeit)
- Branchenweit einziger Frequenzzähler mit grafischer Anzeige
- Hochauflösend bis zu 50-ps-Einzelschuss (Zeit) oder 12 Stellen/s (Frequenz)
- Gleichzeitige Anzeige der Frequenz- und Spannungsparameter des Signals
- Triggerempfindlichkeit von 15 mV_{rms} von DC bis 200 MHz
- Spannungsauflösung bis 1 mV
- Schnelle USB-/GPIB-Bus-Übertragungsgeschwindigkeiten, bis zu 15.000 Messungen pro Sekunde (Blockmodus)
- Null-Totzeit-Frequenz/Perioden-Messungen
- Beste Zeitbasisoptionen (1,5E-8/Jahr) durch ofengesteuerten Quarzoszillator (OCXO)
- Die Serie MCA3000 bietet Mikrowellen-Dauerstrichsignal-Frequenzmessungen und sehr schnelle Burstmessungen bis 40 ns

- Programmierbarer Impulsausgang von 0,5 Hz bis 50 MHz (Serie FCA3100)
- 10-MHz-Referenzausgangssoszillator
- Modi für Messstatistiken, Histogramm und Trenddiagramm
- Anschlussmöglichkeiten an der Vorder- und Rückseite

Leistungsfähige und vielseitige Funktionen

Die umfassenden Möglichkeiten der Messaktivierung bieten eine leistungsfähige und einzigartige Funktion, die es Ihnen erlaubt, praktisch jeden komplexen Signaltyp hinsichtlich Frequenz und Zeit zu charakterisieren.

Sie können beispielsweise eine Verzögerung zwischen der externen Aktivierungsbedingung und der tatsächlichen Aktivierung des Geräts einfügen. Weitere Informationen dazu finden Sie in Kapitel 5, *Messsteuerung*.

Zusätzlich zu den herkömmlichen Messfunktionen eines Zeitgebers/Geräts verfügen diese Geräte über eine Vielzahl weiterer Funktionen wie Phase, Lastfaktor, Anstiegs-/Abfallzeit und Spitzenspannung. Das Gerät kann alle Messfunktionen für Eingang A und Eingang B durchführen. Die meisten Messfunktionen können über einen der Haupteingänge oder einen separaten Aktivierungskanal (E) aktiviert werden.

Durch den Einsatz der integrierten Mathematik- und Statistikfunktionen können die Messergebnisse direkt im Gerät, ohne externen Controller oder externe Software, verarbeitet werden. Zu den MATH-Funktionen gehören Inversion, Skalierung und Offset. Zu den Statistikfunktionen gehören Max, Min, Mittelwert, Standardabweichung und Allan-Abweichung bei Abtastgrößen bis zu 2×10^9 .

Keine Fehler

Sie werden bald feststellen, dass die Bedienung des Geräts mit seiner intuitiven Benutzeroberfläche mehr oder weniger selbsterklärend ist. Über einen Menübaum mit wenigen Ebenen lässt sich der Zeitgeber/das Gerät ganz einfach bedienen. Das große, hintergrundbeleuchtete LCD-Display stellt die Hauptinformationsquelle dar, und Sie können mehrere Signalparameter sowie Einstellungsstatus und Meldungen für den Bediener gleichzeitig anzeigen lassen.

Auf Messabtastungen basierende Statistiken können, zusätzlich zu numerischen Messergebnissen wie Max, Min, Mittelwert und Standardabweichung, einfach in Form von Histogrammen oder Trenddiagrammen dargestellt werden.

Die AUTO-Funktion triggert automatisch auf ein beliebiges Eingangssignal. Ein Bus-Lernmodus vereinfacht die GPIB-Programmierung. Mit dem Bus-Lernmodus können Geräteeinstellungen für eine spätere Programmierung an den Controller übertragen werden. Es ist nicht erforderlich, Code und Syntax für jede einzelne Geräteeinstellung zu lernen, wenn Sie die Bus-Funktion nur selten verwenden.

Design-Innovationen

Dauerhafter und zuverlässiger Einsatz dank modernster Technologie

Das Design dieser Zähler ist auf Qualität und Langlebigkeit ausgelegt. Das Design ist hochintegriert. Der digitale Zählerschaltkreis besteht aus nur einer benutzerspezifisch entwickelten FPGA und einem 32-Bit-Mikrocontroller. Die hohe Integration und geringe Anzahl an Komponenten verringert den Stromverbrauch und führt zu einer MTBF von 30.000 Stunden. Moderne SMD-Technologie sichert hohe Produktionsqualität. Eine robuste Bauweise und ein Metallgehäuse, das mechanischen Stößen standhält und vor EMI abschirmt, sind weitere nützliche Merkmale.

Hohe Auflösung

Die Verwendung der *reziproken interpolierten Zählung* in diesem Gerät führt zu einer ausgezeichneten relativen Auflösung von 12 Stellen/s für alle Frequenzen.

Statt mit der Zeitbasis ist die Messung mit den Eingangszyklen synchronisiert. Gleichzeitig mit der normalen „digitalen“ Zählung, misst das Gerät analog die Zeit zwischen den Start-/Stopp-Triggerereignissen und dem nächsten folgenden Taktimpuls. Dies geschieht in vier identischen Schaltkreisen durch Aufladen eines Integrationskondensators mit einem konstanten Strom ab dem Triggerereignis. Das Aufladen wird mit der vorderen Flanke des ersten folgenden Taktimpulses gestoppt. Die im Integrationskondensator gespeicherte Ladung steht für die Zeitdifferenz zwischen dem Start-Triggerereignis und der vorderen Flanke des ersten folgenden Taktimpulses. Auf gleiche Weise erfolgt die Ladungsintegration für das Stopp-Triggerereignis.

Nachdem der „digitale“ Teil der Messung abgeschlossen ist, werden die in den Kondensatoren gespeicherten Ladungen von Analog-Digital-Wandlern gemessen.

Das Gerät berechnet das Ergebnis nach Abschluss aller Messungen, also nach der digitalen Zeitmessung und den analogen Interpolationsmessungen. Das Ergebnis ist, dass die digitale Grundauflösung von ± 1 Taktimpuls (10 ns) bei den Geräten der Serie FCA3000 auf 100 ps und bei den Geräten der Serie FCA3100 auf 50 ps verringert wird.

Da die Messung mit dem Eingangssignal synchronisiert ist, ist die Auflösung für Frequenzmessungen sehr hoch und frequenzunabhängig. Die Zähler verfügen über 14 Displaystellen, sodass die Auflösung nicht durch das Display beschränkt wird.

Fernsteuerung

Das Gerät kann über die zwei Schnittstellen GPIB und USB programmiert werden.

Die GPIB-Schnittstelle bietet vollständigen allgemeinen Funktionsumfang und Konformität mit den aktuell verwendeten Standards IEEE 488.2 1987 für Hardware und SCPI 1999 für Software. Es gibt auch einen zweiten GPIB-Modus, der den Befehlssatz Agilent 53131/132 emuliert, um einfach Geräte in betriebsbereiten ATE-Systemen wechseln zu können.

Die USB-Schnittstelle dient hauptsächlich der Nutzung mit der optionalen TimeView™ Analysesoftware. Das Kommunikationsprotokoll ist eine eigenständige Version von SCPI.

Schneller GPIB-Bus

Diese Zähler sind nicht nur extrem leistungsfähige und vielseitige Geräte, sondern unterstützen auch schnelle Buskommunikation. Die Busübertragungsrate beträgt bis zu 2.000 getriggerte Messungen pro Sekunde. Es können bis zu 250.000 Messungen pro Sekunde durchgeführt werden, wenn diese auf dem internen Speicher gespeichert werden.

Diese sehr große Messrate ermöglicht neue Messperspektiven. Sie können beispielsweise eine *Jitter-Analyse* für mehrere zehntausend Impulsbreitenmessungen durchführen und diese in einer Sekunde erfassen.

In einem ausführlichen Programmierhandbuch sind die verfügbaren SCPI-basierten Programmierbefehle aufgeführt.

Das Gerät ist in GPIB-Umgebungen einfach zu verwenden. Mit dem integrierten *Bus-Lernmodus* können Sie alle Geräteeinstellungen manuell vornehmen und an den Controller übertragen. Die Antwort kann später verwendet werden, um das Gerät auf dieselben Einstellungen zu reprogrammieren. Somit ist es nicht mehr erforderlich, dass der gelegentliche Benutzer die einzelnen Programmierungscodes lernt.

Die vollständigen (manuell eingestellten) Geräteeinstellungen können darüber hinaus auf 20 internen Speicherorten gespeichert und einfach wieder abgerufen werden. Zehn der internen Speicherorte können vor dem Zugriff durch nicht autorisierte Benutzer geschützt werden.

Auspacken

Prüfen Sie, ob die Lieferung vollständig ist und beim Transport nicht beschädigt wurde. Ist die Lieferung unvollständig oder beschädigt, machen Sie umgehend Ihre Ansprüche gegenüber dem Transportunternehmen geltend. Wenden Sie sich darüber hinaus an Ihren lokalen Tektronix-Händler, wenn Reparaturen oder Ersatz erforderlich sind.

Standardzubehör

Eine Liste des Standardzubehörs finden Sie in den jeweiligen Schnellstart-Benutzerhandbüchern zu *Timer/Counter/Analyzer der FCA3000 und FCA3100 Serien* sowie zu *Microwave Counter/Analyzer der MCA3000 Serie*.

Identifikation

Das Typenschild an der Rückseite des Geräts enthält Gerätemodell, Seriennummer und Konfigurationsinformationen. (Siehe Seite 5, *Rückseite*.) Um die Geräteinformationen anzeigen zu lassen, können Sie auch **User Opt > About** (Benutzeropt. > Info) drücken.

Installation

Stromversorgung

Sie können das Gerät an eine Wechselspannungsquelle mit 90-265 V_{rms}, 45-440 Hz anschließen. Das Gerät stellt sich automatisch auf die Eingangsspannung ein.

Geräte der Serien FCA3X00 und MCA3000 verfügen über keine durch den Benutzer auswechselbare Sicherung.



VORSICHT. Wenn die Sicherung ausgelöst hat, ist es wahrscheinlich, dass das Netzteil ebenfalls beschädigt ist. Wechseln Sie die Sicherung **nicht** aus. Senden Sie das Gerät an ein Tektronix Service-Center ein. Das Entfernen des Gehäuses zu Reparaturzwecken, Wartung und Justierung darf ausschließlich von qualifiziertem und geschultem Personal vorgenommen werden, das die damit verbundenen Gefahren kennt.

Die Garantie erlischt, wenn das Gerät innerhalb der Garantiezeit durch nicht autorisierte Personen geöffnet und auf das Innere des Geräts zugegriffen wurde.

Erdung Ist ein Gerät an eine Stromversorgung angeschlossen, bei der ein Erdungsfehler vorliegt, so stellt dies eine erhebliche Gefahr dar. Vor dem Anschließen eines Geräts an die Stromversorgung müssen Sie sich vergewissern, dass ein funktionsfähiger Schutzleiter vorhanden ist. Nur bei funktionsfähiger Schutzerdung darf das Gerät an die Stromversorgung angeschlossen werden. Dazu muss ein dreiadriges Netzkabel verwendet werden. Andere Erdungsverfahren sind nicht zugelassen. Verlängerungsleitungen müssen immer über einen Schutzleiterkontakt verfügen.



VORSICHT. Wird der Standort eines Geräts von einer kalten in eine warme Umgebung geändert, kann durch Kondensation Stromschlaggefahr entstehen. Lassen Sie vor der Verwendung des Geräts einige Stunden vergehen, damit sich evtl. entstandene Kondensation verflüchtigen kann. Stellen Sie sicher, dass die Anforderungen an die Erdung des Geräts strengstens eingehalten werden.

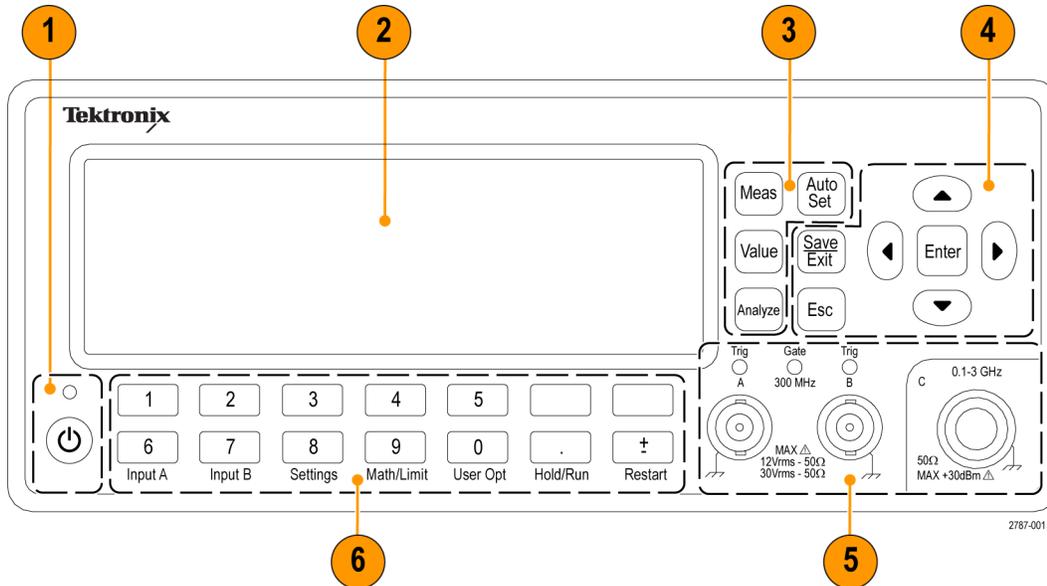


WARNUNG. Unterbrechen Sie niemals die Erdungsleitung. Jede Unterbrechung der Schutzerdung innerhalb oder außerhalb des Geräts oder das Abklemmen der Schutzleiters an der Erdungsklemme führt zu Stromschlaggefahr.

Ausrichtung und Kühlung Es ist keine Betriebslage für das Gerät vorgeschrieben. Achten Sie darauf, dass Sie den Luftstrom durch die Lüftungsschlitze an den Seiten des Geräts nicht blockieren. Lassen Sie an den Seiten und der Rückseite des Geräts jeweils 5 cm Abstand. Das Gerät verfügt zusätzlich über ausklappbare Beine zum Aufstellen auf einem Tisch.

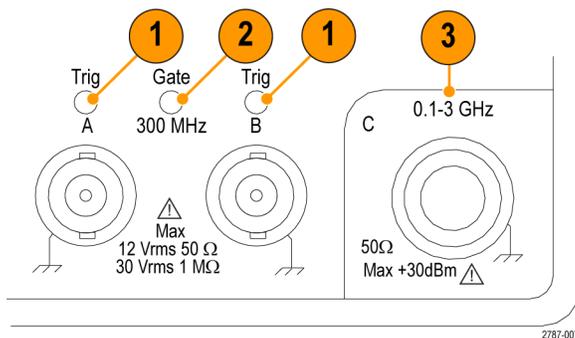
Umgang mit dem Gerät

Vorderseite



1. Netzschalter (Siehe Seite 10, *Netzschalter*.)
2. Hauptbildschirm (Siehe Seite 6, *Hauptbildschirm*.)
3. Messtasten (Siehe Seite 10, *Messtaste*.)
4. Navigationstasten (Siehe Seite 12, *Taste „Save/Exit“ (Speichern/Beenden)*.)
5. Eingangsstecker (Siehe Seite 4, *Eingangsstecker*.)
6. Tastenfeld (Siehe Seite 12, *Tasten des Tastenfelds*.)

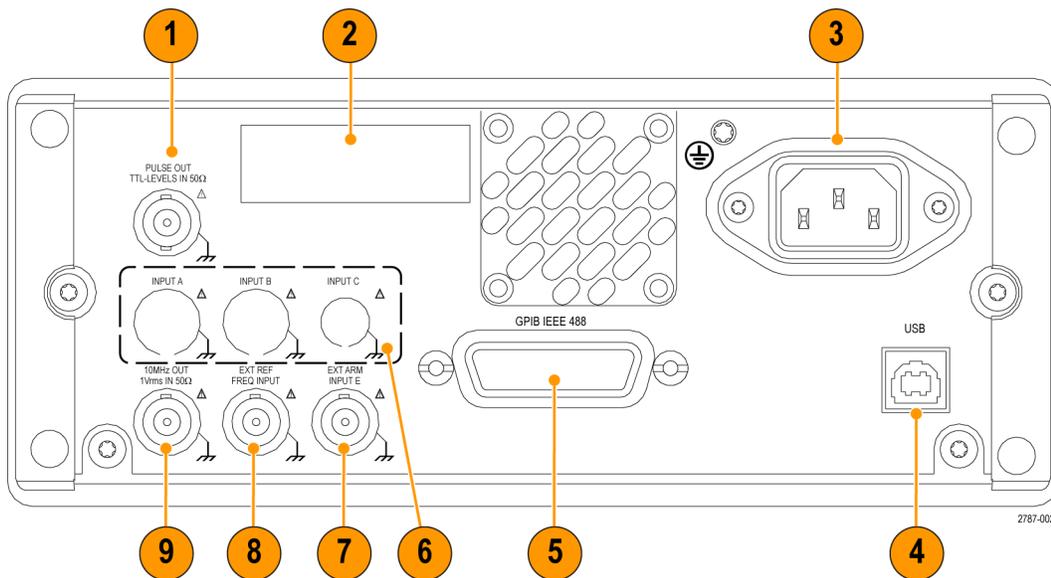
Eingangsstecker



1. Eingänge A und B und Triggeranzeigen. Eine blinkende Trigger-LED zeigt die ordnungsgemäße Triggerung an.
2. Anzeige „Gate“. Die Anzeige GATE leuchtet, wenn der Zähler Eingangszyklen zählt.
3. Eingang C. Vorteiler (3 GHz oder 20 GHz, Serien FCA3000 und FCA3100) oder Abwärtswandler (27 GHz oder 40 GHz, Serie MCA3000) zum Messen hoher Frequenzen.

HINWEIS. Bei der Werksoption RP werden die Eingänge für Geräte der Serie FCA3000 und FCA3100 von der Vorderseite auf die Rückseite verlegt. Die LED-Anzeigen „Gate“ und „Trig A/B“ bleiben an der Vorderseite. Die Option RP ist nicht für Geräte der MCA3000 erhältlich.

Rückseite

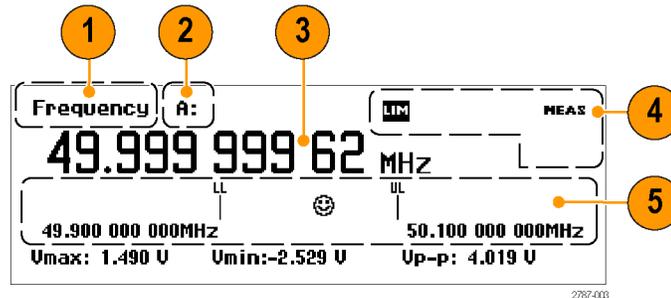


1. Impulsausgang (nur Serie FCA3100)
2. Typenschild mit Angaben zu Modell, Seriennummer und installierten Optionen.
3. Netzstecker.
4. USB 2.0, 12-Mb/s-Anschluss für den Anschluss an den PC.
5. GPIB-Schnittstelle für den Anschluss an den Controller.
6. Optionale Eingänge an der Rückseite. Bei der Werksoption RP werden die Eingänge an der Vorderseite an die Rückseite verlegt. Nicht für Geräte der Serie MCA3000 verfügbar.
7. Eingang zur externen Aktivierung (zur externen Synchronisation von Messungen). Im Menü „Settings“ (Einstellungen) können Sie auch die Eingänge A und B zur Messaktivierung auswählen.
8. Externer Referenzeingang. Ist die Messreferenz im Menü „Settings“ (Einstellungen) auf „Auto“ eingestellt, ist dieser Eingang automatisch ausgewählt, vorausgesetzt, es ist ein gültiges Signal vorhanden.
9. 10-MHz-Ausgang. Stellt ein Referenzsignal zur Verfügung, das aus der aktiven Messreferenz abgeleitet wird (interne oder externe Referenz). Die Quelle der Messreferenz wird im Menü „Settings“ (Einstellungen) eingestellt.

Hauptbildschirm

Das Gerät verwendet ein monochromes LCD-Display zur Anzeige der Signalquellen, Gerätemessungen (numerisch und grafisch) und Menüeinträge. Welche Einträge angezeigt werden, hängt vom Display-Modus ab.

Messwertmodus



Drücken Sie die Taste „Value“ (Wert), um eine hochauflösende numerische Anzeige der der aktuellen Messergebnisse anzuzeigen.

1. Die aktuelle Messung.
2. Die Quelle des gemessenen Signals. Wenn es sich beim angezeigten Hauptmesswert um einen statistischen Messwert handelt, wird zusätzlich angezeigt, dass es sich um einen statistischen Messwert handelt (z. B. „A MEAN:“ (A MITTEL:)).
3. Der Hauptmesswert. Der Messwert im unteren Bereich der Anzeige zeigt Informationen zum Quellsignal. Messwerte oder Anzeige ändern sich je nach Mess- oder Analysemodus.
4. Messstatus. Zeigt den Mathematik- oder Grenzwertprüfungsmodus (MATH oder LIM), den Messstatus Messen/Hold/Einzel (MEAS, HOLD, SING) und den GPIB-Fernsteuerungsmodus (REM) an. Der Messstatus wird in allen Anzeigemodi angezeigt.

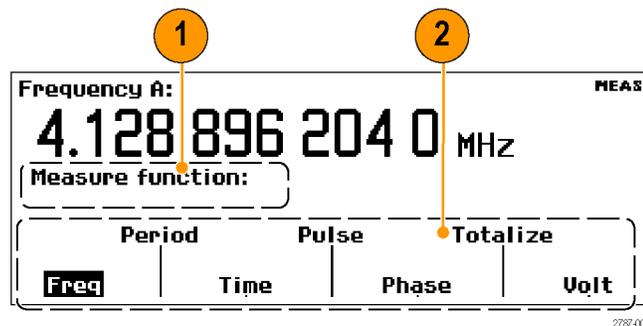
HINWEIS. Normalerweise zeigt der Bildschirm die aktive Messung an, wenn das Gerät ferngesteuert wird. TimeView schaltet jedoch den Bildschirm aus, um Messungen zu beschleunigen: Auf dem Bildschirm wird die Meldung „Display OFF“ (Display AUS) angezeigt, der Messstatus lautet „REM“ (Fernsteuerung) und alle Tasten an der Vorderseite des Geräts sind deaktiviert, mit Ausnahme der Taste „Esc“. Drücken Sie die Taste „Esc“, um eine Nachricht „Return To Local“ (Zurück zu lokaler Steuerung) an das Remote-Gerät zu senden und das Gerät wieder in den Lokalmodus zu schalten.

Sie können die Taste „Esc“ nicht verwenden, um das Gerät wieder in den Lokalmodus zu schalten, wenn über die Remote-Verbindung „Local Lockout“ (Lokalmodus deaktiviert) programmiert wurde.

5. Grenzwertalarm-Anzeige (falls aktiviert). Die Einstellungen für den unteren Grenzwert (LL) und den oberen Grenzwert (UL) werden als vertikale Balken mit ihren zugehörigen Grenzwerten angezeigt. Ein Emoticon zeigt den relativen Messwert und den Pass-/Fehler-Status in Bezug auf den Grenzwert an (liegt Messwert innerhalb der Grenzwerte, lächelt das Emoticon, liegt er außerhalb der Grenzwerte zeigen die Mundwinkel des Emoticons nach unten). Der LIM-Statustext im oberen Bereich des Bildschirms blinkt, wenn der Messwert die Grenzwerte überschreitet und blinkt weiterhin, auch wenn der Messwert wieder innerhalb der Grenzwerte liegt. Durch Drücken von „Restart“ (Neu starten) wird der LIM-Status zurückgesetzt.

Menümodus

Durch Drücken einer Menütaste (z. B. „Meas“ oder eine der unteren Tasten des Tastenfelds) wird der untere Bereich des Bildschirms durch den Menüeintrag der entsprechenden Taste ersetzt.



1. Der Menüpfad zeigt den Pfad der aktuellen Menüauswahl.
2. Das Menü zeigt die verfügbaren Menüeinträge an. Drücken Sie auf dem Tastenfeld die Taste direkt unter einem Menüeintrag, um den Eintrag auszuwählen und/oder ein tiefere Menüebene aufzurufen. Die aktuelle Auswahl wird als inverser Text dargestellt. Sie können auch die Navigationspfeile verwenden, um Menüeinträge zu markieren und auszuwählen.

Analysemodi

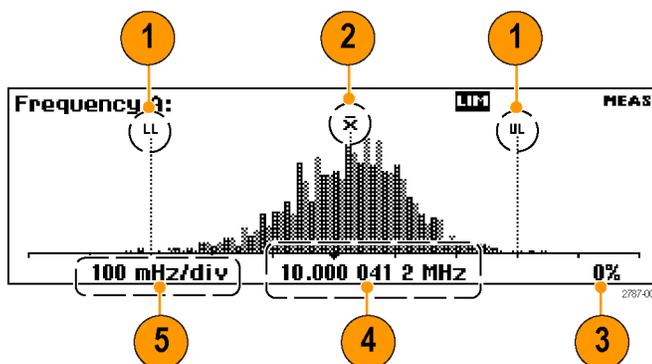
Die Analysemodi (Zugriff erfolgt durch Drücken der Taste „Analyse“ (Analyse)) wenden grundlegende statistische Analysen an, um numerische, Histogramm- oder Trendanalysewerte auf statistischer Basis anzuzeigen.

Numerische Anzeige. Das Gerät führt aufeinanderfolgende Messungen durch und zeigt die Ergebnisse in Form von statistischen numerischen Werten an.



- MEAN: Die Hauptmessung zeigt den derzeitigen Wert nach N Abtastungen.
- N: Die Anzahl der Abtastungen (eingestellt im Menü „Settings“ > „Stat“ (Einstellungen > Stat).
- Max, Min: Der maximale und der minimale gemessene Wert.
- SS: Spitze-zu-Spitze-Abweichung
- Adev: Allan-Abweichung
- Std: Standardabweichung

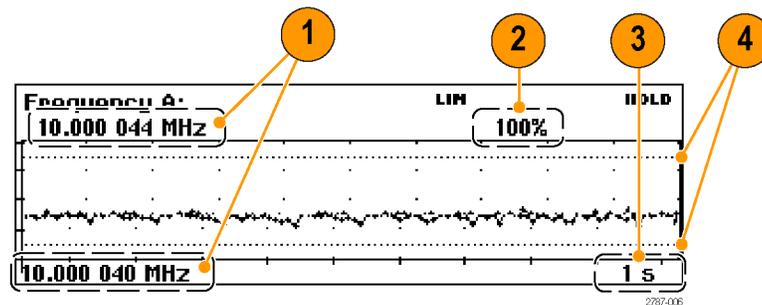
Histogramm-Anzeige. Das Gerät zeigt aufeinanderfolgende Messungen als Histogramm an. Die Anzahl der Intervallbereiche entlang der horizontalen Achse wird im Menü **Settings** > **Stat** (Einstellungen > Stat) eingestellt.



1. Pegel für oberen und unteren Alarmgrenzwert (falls aktiviert). Bei einer aktiven Grenzwertprüfung führt das Gerät eine automatische Skalierung des Graphen durch, um das Histogramm und den Grenzwert anzuzeigen. Das Gerät verwendet nur Daten innerhalb der Grenzwerte der automatischen Skalierung. Messwerte außerhalb des sichtbaren Bereichs des Graphen werden durch eine Pfeilspitze am linken oder rechten Rand des Displays dargestellt.
2. Die laufende mittlere Messposition (\bar{x}).
3. Der abgeschlossene Prozentsatz der Messung.

4. Die Mitte des Graphen (gekennzeichnet durch ein dunkles Dreieck) und die entsprechende Frequenz.
5. Horizontalskala des Graphen pro Skalenteil. Der Grenzwarnalarm (falls aktiviert) legt die Skalierung fest, um die aktuelle Messung und die Grenzwerteinstellungen anzuzeigen. Das Gerät führt ständig eine automatische Skalierung der Histogramm-Intervallbereiche auf Basis der gemessenen Daten durch.

Trendkurvanzeige. Das Gerät führt aufeinanderfolgende Messungen durch und stellt die Werte in Abhängigkeit von der Zeit als Kurve dar. Dieser Modus ist für die Überwachung von Schwankungen oder Messabweichungstrends nützlich. Eine Trendkurve stoppt (wenn HOLD aktiviert ist) oder startet neu (wenn RUN aktiviert ist), nachdem die eingestellte Anzahl an Abtastungen abgeschlossen wurde. Der Graph der Trendkurve wird ständig automatisch auf Basis der gemessenen Daten skaliert, wobei bei einem Neustart bei null begonnen wird. Grenzwarnalarme (falls aktiviert) werden als horizontale Linien dargestellt.



1. Der obere und untere Frequenzbereich der Kurvanzeige. Der Graph der Trendkurve wird ständig automatisch auf Basis der gemessenen Daten skaliert, um die gemessenen Trendwerte anzuzeigen.
2. Der abgeschlossene Prozentsatz der Messung.
3. Die horizontalen Einheiten pro Skalenteil.
4. Die Grenzwarnalarmpegel (falls aktiviert). Bei einer aktiven Grenzwertprüfung führt das Gerät die Skalierung des Graphen durch, um die Messtrendkurve und die Grenzwerte anzuzeigen (gestrichelte horizontale Linien).

Bedienelemente

Netzschalter



Drücken Sie den **Netzschalter**, um das Gerät einzuschalten. Bei dem Netzschalter handelt es sich um einen sekundären Netzschalter. Sobald das Gerät an die Stromversorgung angeschlossen ist, werden Teile des Geräts mit Strom versorgt, was durch die rote LED über dem Netzschalter angezeigt wird. Ziehen Sie den Stecker des Netzkabels aus Steckdose, um das Gerät vollständig von der Stromversorgung zu trennen.

Messtaste



Verwenden Sie die Taste **Meas** (Messen), um das Menü für Messungen im unteren Bereich des Bildschirms anzuzeigen. Drücken Sie eine Menütaste direkt unter einem Menüeintrag, um diesen Menüeintrag auszuwählen und ggf. ein Untermenü aufzurufen.



Typische Messungen umfassen Frequenz, Periode, Zeit, Impuls, Phase, Summe (nur bei der Serie FCA3100) und Spannung. Der Umfang des Menüs für Messungen hängt von dem Gerätemodell und von der Konfiguration ab.

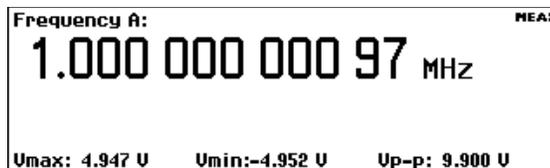
Die aktuelle Auswahl wird durch Textinversion angezeigt (auf diese Weise wird auch die Cursorposition angezeigt). Wählen Sie die gewünschte Messfunktion aus, indem Sie die entsprechende Softkey-Taste unter einem Menüeintrag drücken.

Sie können auch die Pfeiltasten **nach links** und **nach rechts** verwenden, um den Cursor zu bewegen und andere Menüeinträge auszuwählen. Bestätigen Sie Ihre Auswahl, indem Sie die Taste **Enter** drücken.

Taste „Value“ (Wert)



Verwenden Sie die Taste **Value** (Wert), um die aktuelle Messung als numerischen Wert anzuzeigen. Das Gerät zeigt zusätzlich ergänzende Messwerte im unteren Bereich des Bildschirms an.



Taste „Analyze“ (Analyse)

Verwenden Sie die Taste **Analyze** (Analyse), um die aktuelle Messung in einem der drei Anzeigemodi für statistische Analyse anzuzeigen. Betätigen Sie die mehrmals die Taste „Analyze“ (Analyse), um zwischen den statistischen Anzeigemodi zu wechseln. (Siehe Seite 7, *Analysemodi*.)

Taste „Auto Set“ (Autom. Einstellung)

Verwenden Sie Taste **Auto Set** (Autom. Einstellung), um Triggerpegel für die Messfunktion und die Eingangssignalamplitude automatisch einzustellen (für relativ normale Signale). Auf diese Weise können Sie das Gerät schnell für Anzeige eines Messwerts einstellen.

Wenn Sie einmal auf die Taste „Auto Set“ (Autom. Einstellung) drücken, geschieht Folgendes:

- Die Triggerpegel werden automatisch eingestellt
- Die Dämpfung wird auf 1fach eingestellt
- Das Display wird eingeschaltet
- Der Wert für die untere Auto-Trigger-Frequenz erhält folgende Einstellung:
 - 100 Hz, wenn $f_{in} \geq 100$ Hz
 - f_{in} , wenn $10 < f_{in} < 100$ Hz
 - 10 Hz, wenn $f_{in} \leq 10$ Hz

Durch zweimaliges Drücken der Taste „Auto Set“ (Autom. Einstellung) innerhalb von zwei Sekunden erfolgt ein ausführlicheres **Preset**. Die folgenden Parameter werden zusätzlich eingestellt, wenn die Taste „Auto Set“ (Autom. Einstellung) zweimal gedrückt wird:

- Legt die **Meas Time** (Messdauer) auf **200 ms** fest
- Schaltet **Hold-Off** aus
- Setzt **Hold/Run** (Halten/Starten) auf **Run** (Starten)
- Schaltet **Math/Limit** (Math./Grenzwert) aus
- Schaltet **Analog Filters** (Analoge Filter) und **Digital Filters** (Digitale Filter) aus
- Setzt **Timebase Ref** (Zeitbasisreferenz) auf **Auto**
- Schaltet **Arming** (Aktivierung) aus

Eine noch umfassendere Preset-Funktion kann durch Aufrufen der werkseitigen Standardeinstellungen erfolgen.

**Taste „Save/Exit“
(Speichern/Beenden)**



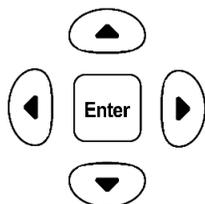
Verwenden Sie die Taste **Save/Exit** (Speichern/Beenden), um die aktuelle Auswahl zu bestätigen und zur vorigen Menüebene zu wechseln.

Taste „Esc“



Verwenden Sie die Taste **Esc**, um zur vorigen Menüebene zu wechseln, ohne die aktuelle Einstellung zu bestätigen.

**Pfeiltasten und Taste
„Enter“**

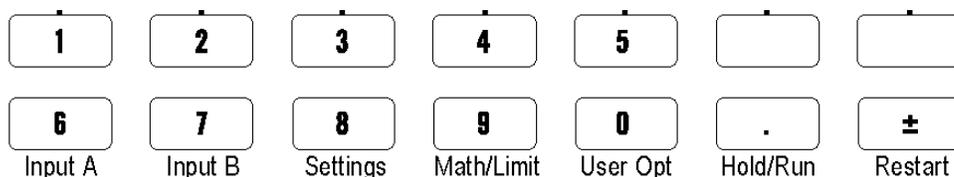


Die **Pfeiltasten** und die Taste **Enter** bieten je nach Modus mehrere Funktionen:

- **Menu mode** (Modus „Menü“): Verwenden Sie die Pfeiltasten „nach links“, „nach rechts“ und die Taste „Enter“, um Menüeinträge anzuzeigen und auszuwählen.
- **Numeric entry mode** (Modus „Numerische Eingabe“): Verwenden Sie die Pfeiltaste „nach links“, um die rechte Stelle in einem Einstellungsfeld zu löschen. Verwenden Sie die Pfeiltasten „nach oben“ und „nach unten“, um einen numerischen Wert in einem Einstellungsfeld zu erhöhen oder zu verringern (in einem 1-2-5-Muster).
- Verwenden Sie die Taste **Enter**, um den angezeigten Wert oder den ausgewählten Menüeintrag zu übernehmen.
- **LCD-Display-Kontrast**: Verwenden Sie die Pfeiltasten „nach oben“ und „nach unten“, um die Kontrasteinstellung zu ändern, wenn gerade kein Menü bzw. keine Eingabeaufforderung angezeigt wird.

Tasten des Tastenfelds

Verwenden Sie die Tasten des Tastenfelds, um Menüeinträge auszuwählen, Gerätekonfigurationsmenüs aufzurufen und Parameterwerte einzugeben.



Verwenden Sie die **numerischen** Tasten (Tasten 0–9, ., und ±), um numerische Parameterwerte in Parameterfelder einzugeben.

Verwenden Sie die **Softkey**-Tasten unter den Menüeinträgen (Tasten 1–5 und die beiden nicht gekennzeichneten Tasten in der oberen Reihe), um die entsprechenden Bildschirmmenüeinträge auszuwählen.

Verwenden Sie die **Menu**-Tasten (Menütasten) („Input A“ (Eingang A) bis „User Opt“ (Benutzeropt.) in der unteren Reihe des Tastenfelds), um das Menü für die entsprechende Taste anzuzeigen.

Input A (Eingang A), Input B (Eingang B). Verwenden Sie die Tasten **Input A** (Eingang A) und **Input B** (Eingang B), um die Eingangskanaleinstellungen für den ausgewählten Kanal anzuzeigen und zu konfigurieren. Die Menüs für die Eingänge A und B bieten kanalbezogene Einstellungsmöglichkeiten. Dazu gehören die Einstellungen „Trigger slope“ (Triggerflanke), „Signal coupling“ (Signalkopplung) (AC oder DC), „Input impedance“ (Eingangsimpedanz) (50 Ω oder 1 M Ω), „Input attenuation“ (Eingangsdämpfung) (1fach oder 10fach), „Trigger mode“ (Triggermodus) („Manual“ (Manuell) oder „Auto“), „Trigger level“ (Triggerpegel) (nur im Triggermodus „Manual“ (Manuell)) und „Filter“ (Sperrfrequenz). Die Menüs der Eingänge A und B sind identisch.

Um einen bestimmten Triggerpegel einzustellen, wählen Sie den Triggermodus **Manual** (Manuell), wählen Sie den Menüeintrag **Trig** aus, und verwenden Sie die Pfeiltasten, um den Wert zu erhöhen oder zu verringern. Sie können auch die numerischen Tasten verwenden und anschließend **Enter** drücken, um den Wert einzugeben.

Im Menü „Filter Settings“ (Filtereinstellungen) können Sie einen festen 100-kHz-Filter oder einen justierbaren Digitalfilter auswählen. Die entsprechende Sperrfrequenz wird im Eingabemenü eingegeben, das angezeigt wird, wenn Sie im Menü die Option „Digital LP Frequency“ (Digitale Tiefpassfrequenz) auswählen.

HINWEIS. Verwenden Sie immer Auto-Triggerpegel, wenn Sie die Anstiegs- oder Abfallzeit messen.

Settings (Einstellungen). Verwenden Sie die Taste **Settings** (Einstellungen), um das Menü für die Messeinstellungskonfiguration anzuzeigen. Das Menü „Settings“ (Einstellungen) bietet messungsbezogene Einstellungsmöglichkeiten. Dazu zählen die Einstellungen „Measure Time“ (Messdauer) (für Frequenzmessungen), „Burst“ (für Impulsmodulierte Signale), „Arming“ (Aktivierung) (bedingungsabhängiges Starten und Stoppen der Messung), „Trigger Holdoff“ (Triggerverzögerung stoppen), „Statistics“ (Statistiken) (Einstellungen für statistische Messwerte), „Time base Reference“ (Zeitbasisreferenz) (intern oder extern) und „Miscellaneous“ (Verschiedenes) (z. B. Eingangssignal-Timeout-Periode und untere Auto-Trigger-Frequenz)

Math/Limit (Math./Grenzwert). Verwenden Sie die Taste **Math/Limit** (Math./Grenzwert), um die Konfigurationsmenüs für die Funktionen Mathematik und Grenzwertprüfung anzuzeigen. Das Menü „Math“ (Math.) bietet vordefinierte Formeln und benutzerdefinierte Konstanten zur mathematischen Nachbearbeitung

der Messergebnisse. Eine typische Verwendung für die mathematische Verarbeitung ist die Umwandlung einer Messung, um einen Mischer oder Multiplikator zu berücksichtigen, der zum Testsignal gehört.

Im Menü „Limits“ (Grenzwerte) können Sie numerische Grenzwerte einstellen und auswählen, wie das Gerät Grenzwertverletzung angibt.

User Opt (Benutzeropt.). Verwenden Sie die Taste **User Opt** (Benutzeropt.), um das Menü für die Konfigurierung der Benutzeroptionen anzuzeigen. Im Menü „User Opt“ (Benutzeropt.) können Sie Geräteeinstellungen vornehmen. Dazu gehören das Speichern und Aufrufen von Geräteeinstellungen (bis zu 20 im nichtflüchtigen Speicher, jede mit einer eindeutigen Beschriftung), das Auswählen einer Busschnittstelle (USB oder GPIB), die GPIB-Bus-Konfiguration (Modus, Adresse), durchführen von Geräteselbsttests, bedingte Ausgangssignaleinstellungen (nur für die Serie FCA3100) und das Anzeigen Gerätekonfigurationsinformationen (Modell, Seriennummer, Firmware und Konfiguration).

Das Menü „User Opt“ (Benutzeropt.) enthält auch eine Funktion zur Gerätekalibrierung. Für diesen internen Kalibrierungsprozess ist Kennwortzugriff erforderlich. Informationen zur internen Gerätekalibrierung finden Sie in den technischen Referenzhandbüchern zu *Timer/Counter/Analyzer der FCA3000 und FCA3100 Serien* sowie zu *Microwave Counter/Analyzer der MCA3000 Serie*.

Hold/Run (Halten/Starten). Verwenden Sie die Taste **Hold/Run** (Halten/Starten), um die Messwerterfassung zu steuern. Drücken Sie Taste, um zwischen den Modi „Run“ (Starten) (kontinuierliche Messwerterfassung) und „Hold“ (Halten) hin- und herzuschalten. Die Messwertanzeige in der rechten oberen Ecke des Bildschirms ändert sich von MEAS auf HOLD, sobald das Gerät in den Modus „Hold“ (Halten) geschaltet wird. Drücken Sie die Taste „Hold/Run“ (Halten/Starten), um die kontinuierliche Messwerterfassung fortzusetzen.

Um eine Einzelmessung durchzuführen, schalten Sie das Gerät in den Modus „Hold“ (Halten), und drücken Sie anschließend die Taste „Restart“ (Neu starten). Die Messwertanzeige in der rechten oberen Ecke des Bildschirms ändert sich von HOLD auf SING, sobald das Gerät eine Einzelmessung durchführt.

Neu starten. Verwenden Sie die Taste **Restart** (Neu starten), um die Messwerte zu löschen und eine neue Messung durchzuführen. Dies ist hilfreich, wenn Sie eine neue Messung starten müssen, nachdem sich das Eingangssignal geändert hat, besonders bei langer Messdauer. Verwenden Sie die Taste zum Durchführen von Einzelmessungen, wenn sich das Gerät im Modus „Hold“ (Halten) befindet.

Das Drücken der Taste „Restart“ (Neu starten) beeinflusst keine Geräteeinstellungen.

Numerische Werte eingeben

Gelegentlich kann es erforderlich sein, Konstanten und Grenzwerte in ein Menüfeld einzugeben. Eventuell möchten Sie auch einen Wert eingeben, der nicht in der Liste der vorgegebenen Werte durch Drücken der Pfeiltasten **nach oben/nach unten** ausgewählt werden kann, oder der Abstand vom erforderlichen Wert zum ursprünglichen Wert ist zu groß, um ihn bequem durch Erhöhen oder Verringern mit den Pfeiltasten zu erreichen.

Um numerische Werte einzugeben, verwenden Sie die numerischen Tasten (**0-9**, **.** (Dezimalpunkt) und **±** (Vorzeichenwechsel)).

Sie können auch Werte in wissenschaftlicher Schreibweise eingeben. Mit der Softkey-Taste **EE** (Exponent eingeben) können Sie zwischen der Eingabe der Mantisse und des Exponenten hin- und herschalten.

Drücken Sie **Save|Exit** (Speichern/Beenden), um den neuen Wert zu speichern, oder **Esc**, um dieses Menü zu beenden, ohne den Wert zu speichern (der aktuelle Wert bleibt erhalten).

Menüs

Menüs „Input A“ (Eingang A) und „Input B“ (Eingang B)

In den Menüs der Eingänge A und B können Sie Einstellungen zur Konfiguration der einzelnen Kanäle vornehmen. Die Inhalte der Menüs der Eingänge A und B sind identisch.

Tabelle 1: Die Menüs „Input A“ (Eingang A) und „Input B“ (Eingang B)

Eintrag	Beschreibung
Slope (Flanke)	Triggerung auf ansteigende oder abfallende Signalfanke.
Signal coupling (Signalkopplung)	AC oder DC
Input impedance (Eingangsimpedanz)	1 M Ω oder 50 Ω
Input signal attenuation (Eingangssignaldämpfung)	1fach oder 10fach
Trigger Mode (Triggermodus)	Einstellen des Triggerpegelmodus (Auto oder Man). Verwenden Sie im Triggermodus „Auto“ den Menüeintrag „Trig“, um den Triggerpegel manuell auf einen Prozentwert der Amplitude einzustellen. Verwenden Sie im Triggermodus „Man“ den Menüeintrag „Trig“, um einen Triggerwert einzugeben.

HINWEIS. Verwenden Sie immer die Einstellung „Auto“, wenn Sie die Anstiegs- oder Abfallzeit messen.

Tabelle 1: Die Menüs „Input A“ (Eingang A) und „Input B“ (Eingang B) (Fortsetzung)

Eintrag	Beschreibung
Trig	Setzt den Signal-Triggerpegel. Der angezeigte Wert ist der aktuelle Triggerpegel.
Filter	Setzt einen festen analogen 100-kHz-Filter oder einen justierbaren digitalen Sperrfilter. Verwenden Sie das Menü „Digital LP Frequency“ (Digitale Tiefpassfrequenz), um eine bestimmte Frequenz einzustellen.

**Menü „Settings“
(Einstellungen)**

Verwenden Sie das Menü „Settings“ (Einstellungen), um die Messparameter zu konfigurieren.

Tabelle 2: Das Menü „Settings“ (Einstellungen)

Eintrag	Beschreibung
Meas Time (Messdauer)	Legt die Messdauer fest. Dieses Menü ist für Frequenzmessungen verfügbar. Eine längere Messdauer bedeutet weniger Messungen pro Sekunde und liefert eine höhere Auflösung.
Burst	Legt die Parameter für impulsmodulierte (Burst) Signalmessungen fest. Das Menü „Burst settings“ (Burst-Einstellungen) ist verfügbar, wenn die Messung Meas > Freq > Freq Burst (Messen > Freq. > Freq. Burst) ausgewählt ist. Die Trägerfrequenz und die Modulationsfrequenz (die Impulsfolgefrequenz (PRF)) können häufig auch ohne ein zusätzliches externes Aktivierungssignal gemessen werden.
Arm (Aktivierung)	Setzt die Start- und Stopp-Parameter für die Messung. Unter Messaktivierung ist die Steuerung der tatsächlichen Start- und Stoppzeit einer Messung zu verstehen. Der normale frei durchlaufende Modus wird unterdrückt, und die Triggerung erfolgt, sobald die Vortrigger-Bedingungen erkannt werden. Die für die Aktivierung verwendeten Signale können auf drei Kanäle (A, B oder E) angewendet werden, und es können unterschiedliche Kanäle als Start- bzw. Stoppkanal verwendet werden. Alle Bedingungen können in diesem Menü eingestellt werden.
Trigger-Holdoff	Legt die Verzögerung fest, während der die Stopp-Triggerbedingungen nach dem Start der Messung ignoriert werden. Wird üblicherweise verwendet, um Signale zu umgehen, die durch prellende Relaiskontakte entstehen.
Stat	Legt die Parameter für statistische Messwerte fest: <ul style="list-style-type: none"> ■ Die Anzahl der Abtastungen, die für die Berechnung verschiedener statistischer Messwerte verwendet werden. ■ Die Anzahl der Intervallbereiche in der Histogramm-Ansicht. ■ Ermöglicht die Aktivierung (ON) oder Deaktivierung (OFF) der Schrittsteuerung (die Verzögerung zwischen Messungen) und legt die Verzögerungszeit auf einen Wert zwischen 2 µs und 500 s fest.

Tabelle 2: Das Menü „Settings“ (Einstellungen) (Fortsetzung)

Eintrag	Beschreibung
Timebase (Zeitbasis)	Legt eine Internal (interne) oder External (externe) Zeitbasisreferenz für Messungen fest. Eine dritte Alternative ist die Einstellung Auto . Liegt bei dieser Einstellung ein gültiges Signal am Referenzeingang an, wird die externe Zeitbasis ausgewählt. Die Anzeige <i>EXT REF</i> in der rechten oberen Ecke des Bildschirms zeigt an, dass das Gerät eine externe Zeitbasisreferenz verwendet.

Tabelle 2: Das Menü „Settings“ (Einstellungen) (Fortsetzung)

Eintrag	Beschreibung
Misc (Versch.)	<p>Legt verschiedene Messparameter fest:</p> <p>Interpolator Calibration (Interpolator-Kalibrierung) aktiviert oder deaktiviert die Interpolator-Kalibrierung des Geräts. Das Gerät erhöht die Messgeschwindigkeit, wobei jedoch die Messgenauigkeit abnimmt.</p> <hr/> <p>Smart Measure (Intelligente Messung) aktiviert:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Smart Time Interval (Intelligentes Zeitintervall) (für Zeitintervallmessungen), das Zeitmarken verwendet, um zu bestimmen, welcher Messkanal dem anderen vorgeht. ■ Smart Frequency (Intelligente Frequenz) (für Frequenz- oder Periodenmittelwert-Messungen), das kontinuierliche Zeitmarken und eine Regressionsanalyse verwendet, um die Auflösung für Messungen zwischen 0,2 s und 100 s zu erhöhen. <hr/> <p>Timeout aktiviert oder deaktiviert die Timeout-Funktion und legt die maximale Wartezeit für die Beendigung einer anstehenden Messung fest, bevor ein Nullergebnis ausgegeben wird. Der Bereich liegt zwischen 10 ms und 1000 s.</p> <hr/> <p>Auto Trig Low Freq (Untere Auto-Trigger-Frequenz) legt die untere Auto-Trigger-Frequenz für die automatische Triggerung und Spannungsmessungen auf einen Bereich zwischen 1 Hz und 100 kHz fest. Ein höherer Grenzwert bedeutet eine schnelle Einstellzeit und schnellere Messungen.</p> <hr/> <p>Input C Acq (Erf. Eingang C) (nur Serie MCA3000) setzt den:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ ModusAcquisition (Erfassung) auf Auto (Abtasten des gesamten festgelegten Frequenzbereichs für gültige Eingangssignale) oder Manual (Manuell) (Abtasten eines schmalen Bands um eine festgelegte Mittenfrequenz für gültige Eingangssignale). Der Modus „Manual“ (Manuell) wird für die Messung von Burst-Signalen benötigt, wird jedoch auch für FM-Signale empfohlen, wenn die ungefähre Frequenz bekannt ist. Ein weiteres Merkmal des manuellen Modus ist, dass die Messergebnisse wesentlich schneller bereitgestellt werden, da kein Erfassungsvorgang durchgeführt wird. <p>Beachten Sie, dass Signalfrequenzen außerhalb des manuellen Erfassungsbereichs zu falschen Ergebnissen führen können. Um den Bediener auf diese Möglichkeit hinzuweisen, ist in der rechten oberen Ecke des Bildschirms die Anzeige M.ACQ (Man. Erf.) sichtbar.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Zentralwert Freq C <hr/> <p>TIE (Time Interval Error) (nur Serie FCA3100) stellt das Gerät auf die automatische Auswahl einer Referenzfrequenz (Auto) oder die manuelle Eingabe einer Frequenz (Manual (Manuell)) ein. Die TIE-Messung verwendet kontinuierliche Zeitmarken, um langsame Phasenverschiebungen in nominell stabilen Signalen über längere Zeiträume zu beobachten.</p>

**Menü Math/Limit
(Math./Grenzwert)**

Das Menü „Math/Limit“ (Math./Grenzwert) bietet Einstellungsmöglichkeiten zur Anwendung mathematischer Berechnungen auf eine Messung und zur Aktivierung des Geräts für die Durchführung von Grenzwertprüfungen.

Tabelle 3: Das Untermenü „Math“

Eintrag	Beschreibung
Math	Verwenden Sie dieses Menü, um eine von fünf Formeln auszuwählen und auf das Messergebnis anzuwenden, oder Wählen Sie „Off“ (Aus) aus, um die Funktion „Math“ zu deaktivieren. Die verfügbaren Formeln sind: $K * X + L$ $K / X + L$ $(K * X + L) / M$ $(K / X + L) / M$ $X / M - 1$ K, L, und M sind Konstanten, für die Sie einen beliebigen Wert einstellen können. X steht für das aktuelle, unveränderte Messergebnis.
K, L, M	Konstanten in den Formeln, für die Sie einen beliebigen Wert einstellen können.

Im Untermenü „Limit“ (Grenzwert) können Sie Bedingungen für die Grenzwertprüfung und das Verhalten bei Grenzwertverletzungen einstellen. (Siehe Seite 75, *Grenzwertprüfung*.)

Tabelle 4: Das Untermenü „Limit“ (Grenzwert)

Eintrag	Beschreibung
Limit Behavior (Grenzwert- verhalten)	Legt die Aktion des Geräts fest, wenn eine Grenzwertverletzung erkannt wird oder deaktiviert den Modus für die Grenzwertprüfung.
Modus „Limit“ (Grenzwert)	Legt den Begrenzungstyp für die Grenzwertprüfung fest (oberer oder unterer Grenzwert oder Grenzwertbereich).
Lower Limit (Unterer Grenzwert)	Legt den unteren Grenzwert fest.
Upper Limit (Oberer Grenzwert)	Legt den oberen Grenzwert fest.

**Menü „User Opt“
(Benutzeropt.)**

Im Menü „User Opt“ (Benutzeropt.) können Sie allgemeine Geräteparameter einstellen.

Tabelle 5: Das Menü „User Opt“ (Benutzeropt.)

Eintrag	Beschreibung
Save/Recall (Speichern/ Abrufen)	<p>Sie können bis zu 20 Geräte-Setups oder acht Messdatensätze im nicht flüchtigen Speicher speichern oder abrufen. Untermenüeinträge sind:</p> <p>Setup:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Save Current Setup (Aktuelles Setup speichern): Speichern Sie das aktuelle Geräte-Setup auf einem angegebenen Speicher. ■ Recall Setup (Setup abrufen): Laden Sie das aktuelle Geräte-Setup von einem angegeben Speichersteckplatz auf das Gerät. Verwenden Sie das Standard-Setup, um die Werksteinstellungen auf das Gerät zu laden. ■ Modify Labels (Bezeichnungen ändern): Ändern Sie die zum jeweiligen Speichersteckplatz gehörende siebenstellige Bezeichnung. Eindeutige Bezeichnungen erleichtern es Ihnen, sich an die Verwendung des Setups zu erinnern. ■ Setup Protect (Setup-Schutz): Wenn der Setup-Schutz eingeschaltet ist, kann nicht auf die ersten 10 Speicherplätze zugegriffen werden. Durch Ausschalten des Setup-Schutzes werden alle Speicherplätze gleichzeitig freigeschaltet. <hr/> <p>Dataset (Datensatz): Sie können einen einzelnen statistischen Messwert speichern oder abrufen (Gerät im Modus „Hold“ (Halten), drücken Sie „Restart“ (Neu starten), um einen einzelnen Messwert zu erfassen). Bis zu acht Datensätze können im nichtflüchtigen Speicher gespeichert werden. Jeder Datensatz kann bis zu 32.000 Abtastungen enthalten. Wenn die anstehende Messung mehr als 32.000 Abtastungen enthält, werden nur die letzten 32.000 Abtastungen gespeichert. Das Gerät weist jedem Datensatz eine Standardbezeichnung zu, die Sie bearbeiten können.</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Save (Speichern): Speichern Sie den aktuellen statistischen Messwert unter dem ausgewählten Speicherort. ■ Recall (Abrufen): Lädt und zeigt den ausgewählten Datensatz an. ■ Erase (Löschen): Löscht den ausgewählten Datensatz. <hr/> <p>Total Reset (Vollständiger Reset): Es werden alle Werkseinstellungen wiederhergestellt und alle Benutzerdaten (Setups und Datensätze) gelöscht.</p>
Kalibrierung	<p>Auf diesen Menüeintrag kann nur für die Werkskalibrierung zugegriffen werden. Der Menüeintrag ist Kennwortgeschützt.</p>

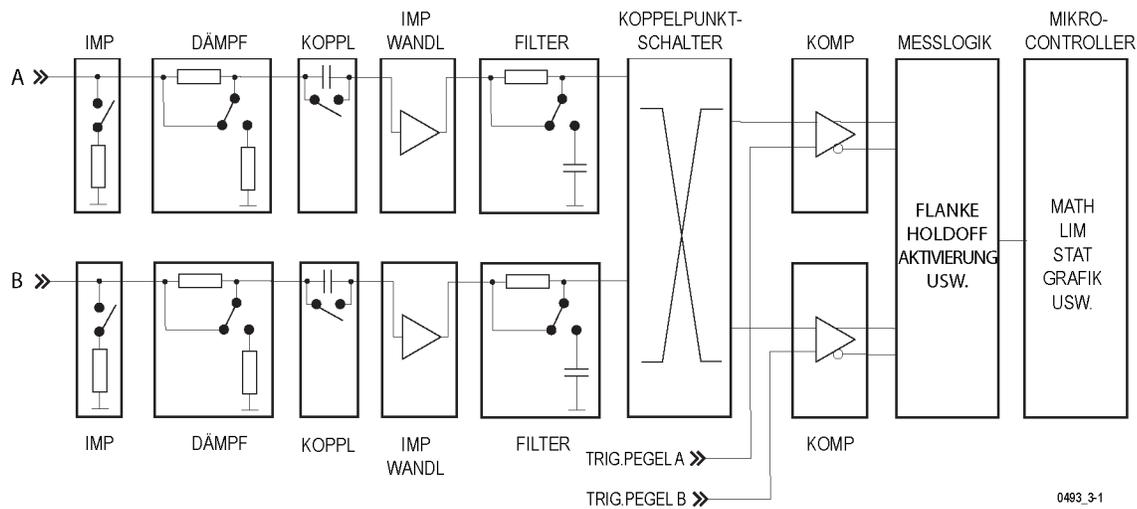
Tabelle 5: Das Menü „User Opt“ (Benutzeropt.) (Fortsetzung)

Eintrag	Beschreibung
Schnittstelle	<p>Legt die aktive Busschnittstelle fest (GPIB oder USB) und weist Adressinformationen zu.</p> <p>Bus Type (Bustyp): Wählen Sie GPIB oder USB aus.</p> <p>GPIB Mode (Modus „GPIB“): Wählen Sie Native (Nativ) (der in diesem Modus verwendete SCPI-Befehlssatz nutzt alle Funktionen dieser Geräteserie vollständig) oder Compatible (Kompatibel) (der in diesem Modus verwendete SCPI-Befehlssatz ist kompatibel mit Agilent 53131/132/181).</p> <p>GPIB Address (GPIB-Adresse): Geben Sie die GPIB-Gerätenummer (0–30) für dieses Gerät ein.</p>
Test	<p>Wählen Sie Tests aus, die beim Hochfahren durchgeführt werden.</p> <p>Test Mode (Modus „Test“): Wählen Sie einen individuellen Geräteselbsttest aus, oder wählen Sie alle Tests aus.</p> <p>Start Test (Test starten): Der ausgewählte Test wird durchgeführt.</p>
Digit Blanks (Ausgeblendete Stellen)	<p>Legt die Anzahl der Stellen fest, die ausgeblendet werden sollen.</p> <p>Jitter-Messergebnisse können einfacher abgelesen werden, wenn eine oder mehrere Stellen mit dem niedrigsten Wert ausgeblendet werden. Verwenden Sie die Pfeiltasten „nach oben“ oder „nach unten“, um die Zahl der Stellen zu ändern, oder geben Sie die gewünschte Zahl (zwischen 0 und 13) über das Tastenfeld ein. Die ausgeblendeten Stellen sind durch Striche auf dem Bildschirm gekennzeichnet.</p>
Info	<p>Zeigt Geräteinformationen wie Gerätemodell, Seriennummer, Version der Gerätefirmware, Zeitbasisoption, Datum der Kalibrierung und die obere Frequenzgrenze von Kanal C (bei Geräten mit der Option Kanal C) an.</p>

Eingangssignal-Konditionierung

Das Gerät verfügt über Eingangsverstärker, um eine Vielzahl verschiedener Signale an die Messlogik des Geräts anpassen zu können. Diese Verstärker verfügen über eine große Zahl an Bedienelementen, und es wichtig, zu verstehen, wie diese Bedienelemente interagieren und wie sie das Signal beeinflussen.

Das folgende Blockdiagramm zeigt den Weg des Eingangssignals durch die verschiedenen Komponenten. Hierbei handelt es sich um kein vollständiges Schaltbild, sondern lediglich um eine Darstellung, die Sie dabei unterstützen soll, die Bedienelemente zu verstehen.



Drücken Sie die Menütasten **Input A** (Eingang A) oder **Input B** (Eingang B), um auf die Eingangsbedienelemente zugreifen zu können.

Eingangsbedienelemente

Impedanz In den entsprechenden Menü für die Eingänge A und B können Sie die Eingangsimpedanz auf den Wert $1\text{ M}\Omega$ oder $50\ \Omega$ einstellen.

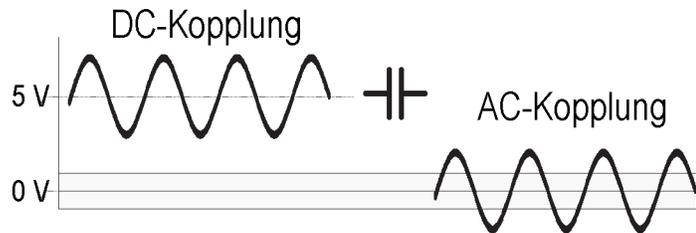


VORSICHT. Das Einstellen der Impedanz auf $50\ \Omega$ bei einer Eingangsspannung von mehr als 12 V_{RMS} kann zu einer Beschädigung des Eingangsschaltkreises führen.

Dämpfung Sie können die Amplitude des Eingangssignals um den Faktor 1 oder 10 dämpfen, indem Sie den Wert mit der Menü-Softkey-Taste **1x/10x** umschalten.

Verwenden Sie die Dämpfung immer dann, wenn das Eingangssignal den dynamischen Eingangsspannungsbereich um bis zu 5 V überschreitet oder wenn die Dämpfung die Auswirkungen von Rauschen und Störungen verringert. (Siehe Seite 28, *Verringern oder Ignorieren von Rauschen und Störsignalen.*)

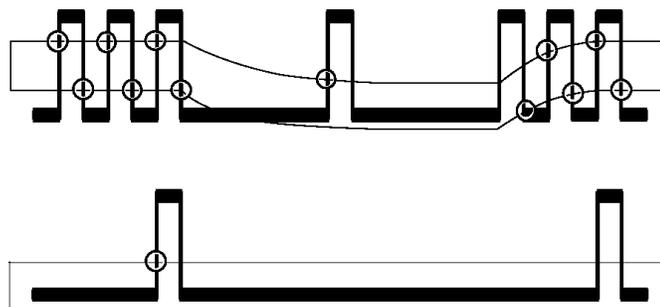
Kopplung Schalten Sie zwischen AC- und DC-Kopplung um, indem Sie die Softkey-Taste **AC/DC** betätigen.



0493_3-3

Verwenden Sie die AC-Kopplung, um unerwünschte Gleichspannungsanteile herauszufiltern. Verwenden Sie die AC-Kopplung, wenn eine Gleichspannung, die höher ist als der Einstellungsbereich für den Triggerpegel mit einem Wechselspannungssignal überlagert ist. Wenn Sie zum Beispiel symmetrische Signale wie Sinus-, Rechteck- und Dreieckssignale messen, filtert die AC-Kopplung die Gleichspannungsanteile heraus. Das bedeutet, dass ein Triggerpegel von 0 V immer auf die Mitte des Signals ausgerichtet ist, wo die Triggerung am beständigsten ist.

Verwenden Sie die DC-Kopplung für Signale mit wechselndem oder mit sehr niedrigem oder sehr hohem Tastverhältnis. Die folgenden Abbildungen zeigen, wie aufgrund einer Signalamplitude, die auf einen Wert unterhalb des Triggerhysteresebands fällt, Impulse nicht erfasst werden oder keine Triggerung erfolgt.



Signalfilter

Wenn Sie keinen beständigen Ablesewert angezeigt bekommen, ist möglicherweise das Signal-Rausch-Verhältnis (häufig als S/N oder SNR bezeichnet) zu niedrig (unter 6 bis 10 dB). Bestimmte Bedingungen erfordern spezielle Lösungen wie Hochpass-, Bandpass- oder Kerbfilter. Normalerweise ist die Frequenz von unerwünschten Rauschsignalen jedoch höher als die, der zu erfassenden Signale. In diesem Fall können Sie den integrierten Tiefpassfilter verwenden. Es gibt analoge und digitale Filter, die Sie koppeln können.



Abbildung 1: Die Menüeinträge unter „Filter“.

Analog Low-pass Filter (Analoger Tiefpassfilter). Das Gerät verfügt über je einen analogen RC-Tiefpassfilter für Eingang A und für Eingang B. Die Sperrfrequenz liegt bei etwa 100 kHz und die Signalunterdrückung ist 20 dB bei 1 MHz. Genaue Frequenzmessungen von verrauschten, niederfrequenten Signalen (bis 200 kHz) sind möglich, wenn die Rauschanteile eine deutlich höhere Frequenz haben als das Grundsignal.

Digital Low-pass Filter (Digitaler Tiefpassfilter). Der digitale Tiefpassfilter nutzt die Holdoff-Funktion. Mit der Funktion Trigger-Holdoff kann eine Totzeit in den Triggereingangsschaltkreis integriert werden. Das bedeutet, dass der Eingang des Geräts alle Hysteresebandübergänge des Eingangssignals für eine vorher festgelegte Zeit nach dem Triggersignal ignoriert.

Wenn Sie die Holdoff-Zeit auf etwa 75 % der Zykluszeit des Signals einstellen, wird ein fehlerhafte Triggerung um den Punkt, zu dem das Eingangssignal durch das Hystereseband zurückkehrt, unterdrückt. Wenn das Signal den Triggerpunkt des nächsten Zyklus erreicht, ist die eingestellte Holdoff-Zeit abgelaufen und ein neuer, korrekter Trigger wird ausgelöst.

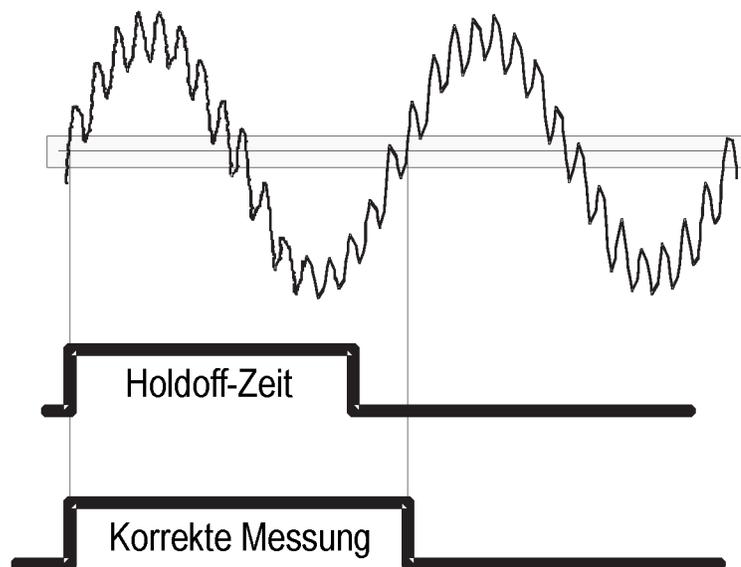
Sie müssen keine passende Holdoff-Zeit berechnen, da dies das Gerät für Sie übernimmt, indem es die von Ihnen im Menü „Digital LP Freq“ (Digitale Tiefpassfrequenz) eingegebene Sperrfrequenz in die entsprechende Holdoff-Zeit umrechnet.



Um eine effektive und eindeutige Verwendung der digitalen Filterfunktion sicherzustellen, sollten Sie einige Einschränkungen berücksichtigen. Zunächst müssen Sie eine ungefähre Vorstellung von der zu messenden Frequenz haben. Eine zu niedrige Sperrfrequenz führt möglicherweise zu einem beständigen Ablesewert, der jedoch zu niedrig ist. In einem solchen Fall erfolgt die Triggerung nur jeden zweiten, dritten oder vierten Zyklus. Eine zu hohe Sperrfrequenz (größer als das Zweifache der Eingangsfrequenz) führt ebenfalls zu einem beständigen Ablesewert. In diesem Fall wird ein Rauschimpuls für jeden Halbzyklus gezählt.

Der Einstellbereich für die Sperrfrequenz ist sehr groß: 1 Hz–50 MHz

Verwenden Sie ein Oszilloskop, um im Zweifelsfall die Frequenz und Signalform Ihres Eingangssignals zu messen.



0493_3-8

Abbildung 2: Der digitale Tiefpassfilter operiert in der Messlogik, nicht im Eingangsverstärker.

Triggermodus (Man/Auto)

Mit diesem Menüeintrag können Sie die den Triggermodus einstellen. Ist die Option **Auto** aktiv, misst das Gerät automatisch die Spitze-Spitze-Pegel des Eingangssignals und legt den Triggerpegel auf 50 % dieses Werts fest. Die Dämpfung wird ebenfalls automatisch eingestellt.

Für Messungen der Anstiegs- und Abfallzeit stellt das Gerät die Triggerpegel auf 10 % und 90 % der gemessenen Spitzenwerte ein.

Ist die Option **Manual** (Manuell) aktiv, wird der Triggerpegel im Menü **Trig** eingestellt. Der aktuelle Triggerwert wird unterhalb des Menüeintrags „Trig“ angezeigt.

Beschleunigen von Messungen. Mit der Auto-Trigger-Funktion werden Amplituden gemessen und Triggerpegel schnell berechnet. Wenn Sie Messungen jedoch beschleunigen möchten, ohne auf die Vorteile der automatischen Triggerung zu verzichten, verwenden Sie die Funktion **Auto Trig Low Freq** (Untere Auto-Trigger-Frequenz), um die untere Frequenzgrenze für Spannungsmessungen einzustellen. Diesen Menüeintrag finden Sie unter **Settings > Misc > Auto Trig Low Freq** (Einstellungen > Versch. > Untere Auto-Trigger-Frequenz).

Wenn Sie wissen, dass die Frequenz des zu messenden Signals immer höher ist, als ein bestimmter Wert f_{low} , (untere Frequenz), können Sie diesen Wert in einem Eingabemenü festlegen. Der Bereich für f_{low} (untere Frequenz) ist 1 Hz bis 100 kHz. Der Standardwert ist 100 Hz. Durch die schnellere Erkennung der Triggerpegelspannung gilt, je größer der Wert, umso höher die Messgeschwindigkeit.

HINWEIS. *Sie können den automatischen Trigger an einem und manuelle Triggerpegel am anderen Eingang verwenden.*

Manueller Trigger (Trig)

Im Menü „Trig“ können Sie einen bestimmten Triggerwert eingeben. Verwenden Sie die Pfeiltasten, um den Wert für den Triggerpegel zu erhöhen oder zu verringern, oder verwenden Sie das Tastenfeld, um einen bestimmten Wert einzugeben. Halten Sie die entsprechende Pfeiltaste gedrückt, um einen Wert schnell zu ändern.

Das Einstellen manueller Triggerpegel beschleunigt den Messzyklus. Beim Verwenden von manuellen Triggern muss das Gerät die Triggerpegel nicht erkennen und berechnen.

HINWEIS. *Das Gerät schaltet vom Triggermodus „Auto“ in den Modus „Man“, wenn Sie manuell einen Triggerpegel eingeben.*

HINWEIS. *Verwenden Sie zum Messen von Signalen mit schwankenden Pegeln einen manuellen Trigger.*

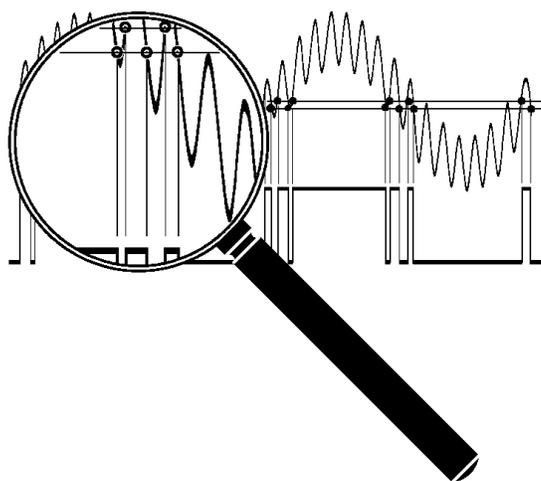
Umwandeln eines Auto-Triggerpegels in einen manuellen Triggerpegel. Sie können die berechneten Auto-Triggerpegel in feste manuelle Triggerpegel umwandeln, indem Sie vom Triggermodus **Auto** auf den Triggermodus **Manual** (Manuell) umschalten. Der aktuell berechnete Auto-Triggerpegel (angezeigt unter dem Menüeintrag **Trig**) wird zum neuen, festen manuellen Pegel. Nachfolgende

Messungen erfolgen erheblich schneller, da das Gerät nicht mehr die Triggerpegel für jede Messung berechnen muss.

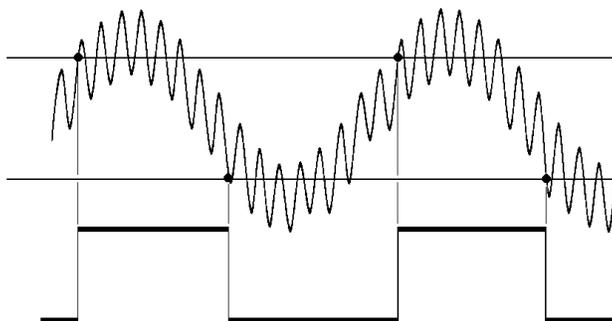
HINWEIS. Sie können den automatischen Trigger an einem und manuelle Triggerpegel am anderen Eingang verwenden.

Verringern oder Ignorieren von Rauschen und Störsignalen

Die Eingangsschaltkreise des Geräts sind rauschempfindlich. Das Anpassen der Signalamplitude und Rauschcharakteristik des Eingangssignals an die Eingangsempfindlichkeit des Geräts verringert das Risiko falscher Zählungen aufgrund von Rauschen und Störsignalen. Ein falscher Triggerpegel mit einer schmalen Hysterese kann zu falschen Zählungen bei Signalen mit variablen Pegeln führen, wie der in folgenden Abbildung dargestellt.



Eine breitere Triggerhysterese führt zu korrekter Triggerung und korrekten Messergebnissen bei Signalen mit variablen Pegeln und bei verrauschten Signalen.



Verwenden Sie die folgenden Funktionen, um Auswirkungen von Rauschen zu verringern oder zu beseitigen und Messergebnisse zu verbessern:

- 10fache Dämpfung am Eingang
- Kontinuierlich variable Triggerpegel (Auto-Trigger)
- Kontinuierlich variable Hysterese für einige Funktionen
- Analoger Tiefpassfilter zur Rauschunterdrückung
- Digitaler Tiefpassfilter, (Trigger-Holdoff)

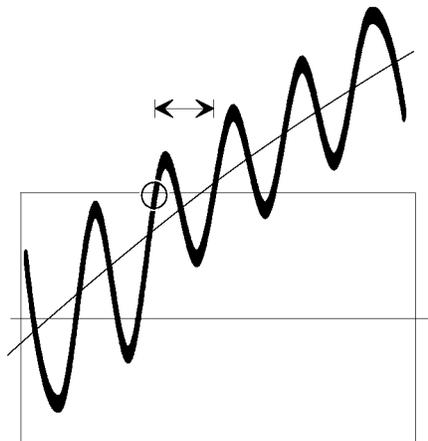
Sie können mehrere der oben aufgeführten Möglichkeiten gleichzeitig nutzen, um zuverlässige Messergebnisse bei stark verrauschten Signalen zu erzielen.

Die Optimierung der Eingangsamplitude und des Triggerpegels sowie das Verwenden eines Dämpfungsglieds und der Triggersteuerung sind unabhängig von der Eingangsfrequenz und über den gesamten Frequenzbereich nützlich. Tiefpassfilter hingegen funktionieren selektiv über einen beschränkten Frequenzbereich.

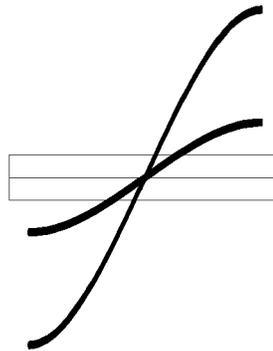
Triggerhysterese

Das Signal muss das 20-mV-Eingangshystereseband durchlaufen, bevor die Triggerung erfolgen kann. Diese minimale Triggerhysterese verhindert, dass der Eingangsschaltkreis zu schwingen beginnt und verringert dessen Rauschempfindlichkeit. Weitere Bezeichnungen für Triggerhysterese sind Triggerempfindlichkeit und Rauschfestigkeit.

Geringes Rauschen auf einem Signal kann sich ebenfalls auf den Triggerpunkt auswirken, indem dieser nach vor oder hinten verschoben wird, selbst wenn das Rauschen keine falschen Zählungen verursacht. Diese Triggerunsicherheit ist beim Messen von niederfrequenten Signalen von besonderer Bedeutung, da die Slew-Rate des Signals (in V/s) bei niederfrequenten Signalen gering ist.



Um diese Triggerunsicherheit zu verringern, muss das Signal das Hystereseband so schnell wie möglich durchlaufen (hohe Slew-Rate). Ein Signal mit großer Amplitude durchläuft das Triggerhystereseband schneller als ein Signal mit kleiner Amplitude. Dämpfen Sie das Signal nicht zu stark, und stellen Sie eine hohe Geräteempfindlichkeit ein, wenn Sie Messungen für niederfrequente Signale durchführen, bei denen die Triggerunsicherheit ein wichtiger Faktor ist.



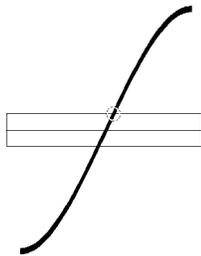
Falsche Zählungen, die durch Triggerfehler verursacht werden, treten häufig auf. Verringern Sie die Eingangssignalamplitude, um durch Störsignale verursachte, falsche Zählungen zu vermeiden. Dies ist besonders wichtig, wenn Messungen an Schaltkreisen mit hoher Impedanz durchgeführt werden und wenn eine Eingangsimpedanz von 1 M Ω verwendet wird. Unter diesen Bedingungen fangen die Leitungen häufig Störsignale auf.

Eine externe Dämpfung und die interne 10fache Dämpfung verringern die Signalamplitude zusammen mit dem Rauschen, während die interne Empfindlichkeitssteuerung des Geräts die Geräteempfindlichkeit und somit auch die Empfindlichkeit für Rauschen verringert. Verwenden Sie die integrierte 10fache Dämpfung, ein externes Koaxialdämpfungsglied oder einen 10fach-Tastkopf, um große Signalamplituden zu verringern.

Verwenden von Triggerpegeleinstellungen

Bei den meisten Frequenzmessungen wird die optimale Triggerung erreicht, indem der mittlere Triggerpegel, je nach Signalcharakteristik, mithilfe eines schmalen oder breiten Hysteresebands auf die Mitte der Amplitude gesetzt wird.

Verwenden Sie beim Messen von niederfrequenten, rauscharmen Sinussignalen eine hohe Empfindlichkeit (schmales Hystereseband). Die Triggerung auf oder nahe der Mitte der Sinuswelle führt zu den geringsten Triggerfehlern, da die Signalflanke dort am steilsten ist.



Wenn Sie falsche Zählungen aufgrund von verrauschten Signalen verhindern möchten, führt das Erweitern des Hysterese Fensters zum besten Ergebnis, wenn Sie weiterhin das Fenster um die Mitte des Eingangssignals setzen. Die Signalexkursionen außerhalb des Hysteresebands sollten gleich sein.

Auto-Trigger. Bei normalen Frequenzmessungen ohne Aktivierung wechselt die Auto-Triggerfunktion in den Modus *Auto (Wide) Hysteresis*, (Auto-Hysterese (Breit)), wodurch das Hysterese Fenster auf eine Größe zwischen 30 % und 70% der Spitze-Spitze-Amplitude erweitert wird. Dies erfolgt mit einem schrittweisen Annäherungsverfahren zur Bestimmung der minimalen und maximalen Signal-Triggerpegel (die Pegel, bei denen die Triggerung gerade stoppt). Das Gerät stellt die Hysteresepegel anschließend auf die berechneten Werte ein. Die relativen Standard-Hysteresepegel werden an Eingang A bis 70 % und an Eingang B bis 30 % angezeigt. Diese Werte können manuell auf zwischen 50 % und 100 % an Eingang A und zwischen 0 % und 50 % an Eingang B angepasst werden, werden jedoch nur auf einen Kanal angewendet.

Normalerweise wiederholt das Gerät den Vorgang der Signaltrigger-Pegelerkennung für jede Frequenzmessung, um neue Trigger- und Hysterese werte zu erkennen. Eine Voraussetzung für die Aktivierung der Auto-Triggerung ist daher ein sich wiederholendes Eingangssignal. Eine weitere Bedingung ist, dass sich die Signalamplitude nach dem Start der Messung nicht mehr erheblich verändert.

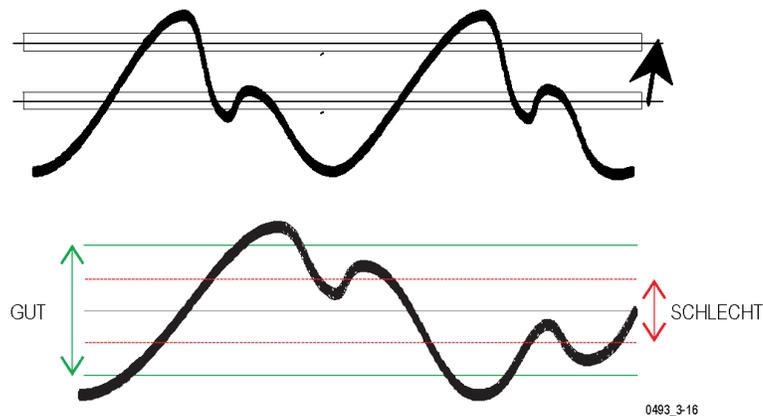
Auto-Trigger verringert zusätzlich die maximale Messrate, sobald ein automatisches Testsystem viele Messungen pro Sekunde durchführt. Drücken Sie die Taste „Auto Set“ (Autom. Einstellung) einmal, um den Triggerpegel manuell auf die im Modus „Auto level“ (Autom. Pegel) berechneten Werte einzustellen und somit die Messrate zu erhöhen.

Manual trigger (Manueller Trigger). Das Umschalten auf **Man Trig** bedeutet eine *Narrow Hysteresis* (Schmale Hysterese) beim letzten Autopegel. Einmaliges Drücken der Taste **Auto Set** (Autom. Einstellung) startet eine einzelne, automatische Triggelpegelberechnung (*Auto Once* (Einmal Auto)) Dieser berechnete Wert (50 % der Spitze-Spitze-Amplitude) bildet den neuen, fest eingestellten Triggerpegel, der ggf. manuell angepasst werden kann.

Oberwellenverzerrung. Grundsätzlich gilt, dass stabile Ablesewerte Rausch- und Störungsfrei sind. Ein stabiler Ablesewert bedeutet jedoch nicht zwangsläufig

auch ein richtiges Messergebnis. Oberwellenverzerrungen können zu stabilen und dennoch falschen Ablesewerten führen.

Sinussignale, die Oberwellenverzerrungen enthalten, wie in den nachfolgenden Grafiken dargestellt, können mithilfe der richtigen Einstellung des Triggerpegels (Modus „Manuell“) oder durch Verwenden einer kontinuierlich variablen Empfindlichkeit (Modus „Auto“) gemessen werden. Sie können darüber hinaus die Funktion „Trigger-Holdoff“ verwenden, um den Triggerpunkt auf einen bestimmten Punkt auf dem Signal zu setzen und die Ergebnisse so zu verbessern.



Frequenzmessungen

Messtheorie

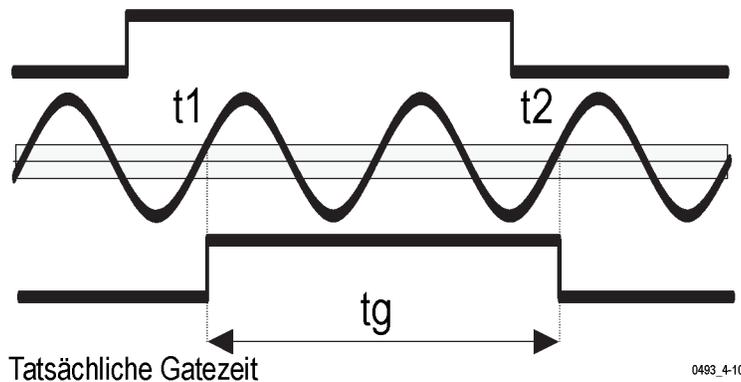
Reziproke Zählung

Die Geräte der Serie FCA3000, FCA3100 und MCA3000 nutzen ein hochauflösendes, reziprokes Zählverfahren, das den Start der Messung mit dem Eingangssignal synchronisiert. Dies führt zur Zählung einer genauen Anzahl integraler Eingangssyklen.

Reziprokes Zählen stellt eine erhebliche Verbesserung gegenüber dem Verfahren einfacher Frequenzzähler dar, bei dem die Anzahl der Eingangssyklen während einer voreingestellten, nichtsynchronisierten Gatezeit gezählt wird. Die einfache Gatezählung kann zu einem Zählfehler von ± 1 Eingangsszyklus führen, insbesondere beim Messen niedriger Frequenzen.

Nach dem Start der eingestellten Messzeit, synchronisiert das Gerät den Start der aktuellen Gatezeit mit dem ersten Triggerereignis (t_1) des Eingangssignals.

Eingestellte Messdauer



Auf die gleiche Weise synchronisiert das Gerät den Stopp der tatsächlichen Gatezeit mit dem Eingangssignal, nachdem die eingestellte Messdauer abgelaufen ist. Mit der Multi-Registerzählung können Sie gleichzeitig die tatsächliche Gatezeit (t_g) und die Anzahl der Zyklen (n) messen, die innerhalb dieser Gatezeit liegen.

Anschließend berechnet das Gerät die Frequenz nach der Formel:

$$f = \frac{n}{t_g}$$

Unabhängig von der zu messenden Frequenz misst das Gerät die Gatezeit (t_g) mit einer Auflösung von 100 ps. Das Verwenden eines Vorteilers wirkt sich nicht auf den Quantisierungsfehler aus. Daher ist der *relative* Quantisierungsfehler 100 ps/ t_g .

Für die Messdauer von einer Sekunde lautet der Wert:

$$\frac{100 \text{ ps}}{1 \text{ s}} = 100 \times 10^{-12} = 1 \times 10^{-10}$$

Außer bei sehr niedrigen Frequenzen sind t_g und die eingestellte Messdauer nahezu identisch.

Abtasthaltung Liegt während der Messung plötzlich kein Eingangssignal mehr an, zeigt das Gerät weiterhin das Ergebnis der letzten Messung an, wie bei einem Voltmeter mit Abtast-Halte-Funktion.

Timeout Hauptsächlich für die Verwendung von GPIB können Sie durch Auswählen von **Settings > Misc > Timeout** (Einstellungen > Versch. > Timeout) manuell eine Timeout-Zeit festlegen. Der Bereich für die Timeout-Zeit liegt zwischen 10 ms und 1000 s, und die Standardeinstellung lautet **Off** (Aus).

Wählen Sie eine Zeit aus, die länger ist als die Zykluszeit der niedrigsten zu messenden Frequenz. Multiplizieren Sie die Zeit mit dem Vorteilungsfaktor des Eingangskanals, und geben Sie diese Zeit als Timeout-Wert ein.

Erfolgt innerhalb der Timeout-Zeit keine Triggerung, zeigt das Gerät „NO SIGNAL“ (Kein Signal) an.

Messgeschwindigkeit Die eingestellte Messdauer bestimmt die Messgeschwindigkeit für den Periodenmittelwert und die Frequenzmessungen. Für kontinuierliche Signale:

$$Speed \approx \frac{1}{t_g + 0.2} \text{ readings/s}$$

Wenn die automatische Triggerung aktiv ist und erhöht werden kann auf:

$$Speed \approx \frac{1}{t_g + 0.001} \text{ readings/s}$$

Wenn die manuelle Triggerung aktiv ist oder GPIB verwendet wird:

$$Speed \approx \frac{1}{t_g + 0.00012} \text{ readings/s}$$

Mittelwert- und Einzelzyklusmessungen. Um die tatsächliche Gatezeit oder Messapertur zu verringern, verfügen die Zähler über eine sehr kurze Messdauer und einen Modus mit der Bezeichnung **Single** (Einzel) für Periodenmessungen. Im Modus „Single“ (Einzel) misst das Gerät nur *einen Zyklus* des Eingangssignals. Bei Anwendungen, bei denen das Gerät einen Eingangskanal mit Vorteiler verwendet, entspricht die Zyklusanzahl der **Einzelmessung** dem Teilungsfaktor. Verwenden Sie einen niedrigen Teilungsfaktor, wenn Sie mit sehr kurzer Apertur messen möchten.

Sie erreichen die maximale Auflösung, wenn Sie Frequenz- und Periodenmessungen im Durchschnittsmodus durchführen. Grundsätzlich ist zwischen Dauer und Genauigkeit der Messung abzuwägen. Entscheiden Sie, wie viele Stellen der Messwert haben soll, und verwenden die kleinstmögliche Messdauer, mit der Sie das gewünschte Ergebnis erzielen.

Der Einsatz eines Vorteilers kann sich auf die Messdauer auswirken (FCA3003, FCA3020, FCA3103 und FCA3120). Der Einsatz eines Vorteilers wirkt sich auf die minimale Messdauer aus, da kurze Bursts eine Mindestanzahl an Trägerperioden aufweisen müssen. Diese Anzahl hängt vom Vorteilungsfaktor ab.

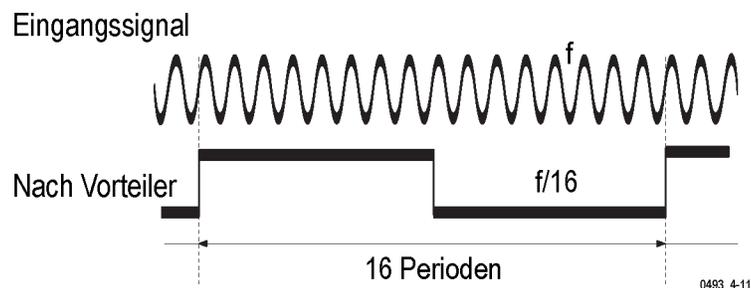


Abbildung 3: 16fache Vorteilung

Die Abbildung zeigt die Auswirkung des 3-GHz-Vorteilers. Der Vorteiler gibt für 16 Eingangszyklen einen Rechteckzyklus aus. Verwendet das Gerät einen Vorteiler, wird die Anzahl der vorgeteilten Ausgangszyklen (z. B. $f/16$) gezählt. Das Display zeigt die richtige Eingangsfrequenz an, da das Gerät die Auswirkungen des Teilungsfaktors d wie folgt kompensiert:

$$f = \frac{n \times d}{t_g}$$

Bei reziproken Zählern verringert sich die Auflösung nicht durch den Einsatz eines Vorteilers. Für den relativen Quantisierungsfehler gilt weiterhin:

$$\frac{100 \text{ ps}}{t_g}$$

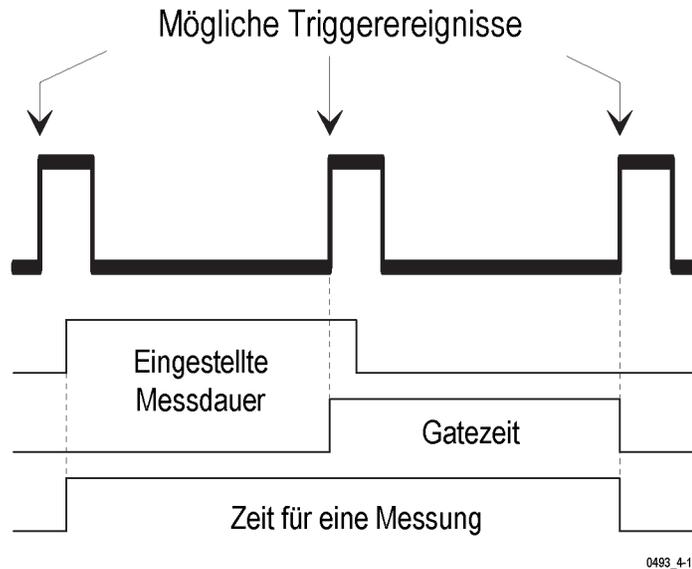
Verwenden Sie die folgende Tabelle, um die für die verschiedenen Messmodi verwendeten Vorteilungsfaktoren zu ermitteln:

Tabelle 6: Für Messungen verwendete Vorteilungsfaktoren

Funktion	Vorteilungsfaktor
Freq A/B (300 MHz)	2
Burst A/B (<160 MHz)	1
Burst A/B (>160 MHz)	2
Periode A/B AVG (Durchschn.) (400 MHz)	2
Periode A/B SGL (Einzel) (300 MHz)	1
Freq C (3 GHz)	16
Freq C (20 GHz)	128

Niederfrequente Signale. Signale unter 100 Hz müssen mithilfe der manuellen Triggerung gemessen werden, außer die Standardeinstellung (100 Hz) wird geändert. (Siehe Seite 18.) Der untere Grenzwert kann auf 1 Hz eingestellt werden, jedoch wird der Messvorgang erheblich verlangsamt, wenn die automatische Triggerung bei sehr niedrigen Frequenzen verwendet wird.

Bei Messimpulsen mit niedriger Wiederholungsrate, z. B. ein 0,1-Hz-Impuls bei einer Messung ohne Vorteilung (z. B. Period Sgl (Periodeneinzelmessung)), ist für die Messung mindestens die Dauer eines Zyklus erforderlich. Diese beträgt 10 Sekunden bzw. längstens 20 Sekunden. Schlimmstenfalls fand gerade vor dem Start der Messung ein Triggerereignis statt, wie in der nachfolgenden Abbildung dargestellt. Das Messen der Frequenz des gleichen Signals dauert dann doppelt so lang, da diese Funktion die Vorteilung mit dem Faktor 2 umfasst. Selbst wenn Sie in diesem Fall eine kurze Messdauer eingeben, benötigt das Gerät für die Durchführung der Messung 20–40 Sekunden.



HF-Signale (FCA3003, FCA3020, FCA3103 und FCA3120). Der Vorteiler des Eingangs C teilt die Eingangsfrequenz, bevor sie durch die normale, digitale Zähllogik gezählt wird. Der Teilungsfaktor wird als *Vorteilungsfaktor* bezeichnet und kann, je nach Art des Vorteilers, verschiedene Werte annehmen. Der 3-GHz-Vorteiler ist für einen Vorteilungsfaktor von 16 konzipiert. Das bedeutet, dass beispielsweise eine Frequenz von 1,024 GHz an Eingang C zu einer Frequenz von 64 MHz umgewandelt wird.

Vorteiler bieten optimale Leistung beim Messen von stabiler und kontinuierlicher HF. Die meisten Vorteiler sind grundsätzlich instabil und beginnen ohne Eingangssignal selbst zu oszillieren. Um dieses Oszillieren zu verhindern, verfügt das Gerät über einen integrierten Startdetektor. Dieser Startdetektor misst kontinuierlich den Pegel des Eingangssignals und blockiert den Vorteilerausgang, sobald kein oder ein zu schwaches Eingangssignal anliegt.

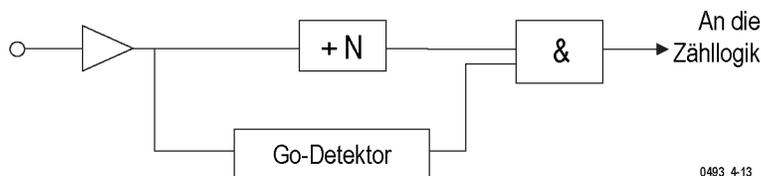


Abbildung 4: Startdetektor (Abb. Go-detector) im Vorteiler.

Ein zu messendes Burst-Signal unterliegt bestimmten Anforderungen. Unabhängig von der Fähigkeit des Geräts, innerhalb einer sehr kurzen Messdauer zu messen, muss die Burst-Dauer den folgenden Mindestanforderungen entsprechen:

$$Burst_{min} > (presc.factor) \times (inp.cycle\ time) \times 3$$

Normalerweise wird tatsächliche Minimalgrenze durch andere Faktoren bestimmt, wie z. B der Geschwindigkeit des Startdetektors. Diese Geschwindigkeit hängt von den verwendeten, speziellen Eingangsoptionen ab.

Messen von Mikrowellen (FCA3020, FCA3120, MCA3027 und MCA3040). Mit den Geräten FCA3020 und FCA3120, die über einen 20-GHz-Vorteiler verfügen, können Sie Frequenzen bis zu 20 GHz messen.

Mit den Geräten MCA3027 und MCA3040 können Sie mithilfe von Abwärtswandlern Frequenzen bis zu 27 GHz bzw. 40 GHz messen. Abwärtswandler mischen das unbekannte Eingangssignal mit der bekannten Frequenz eines Lokaloszillators (LO), bis ein Signal innerhalb des Durchlassbereichs des ZF-Verstärkers (in diesem Fall 10–200 MHz) verfügbar ist. (Siehe Abbildung 5.)

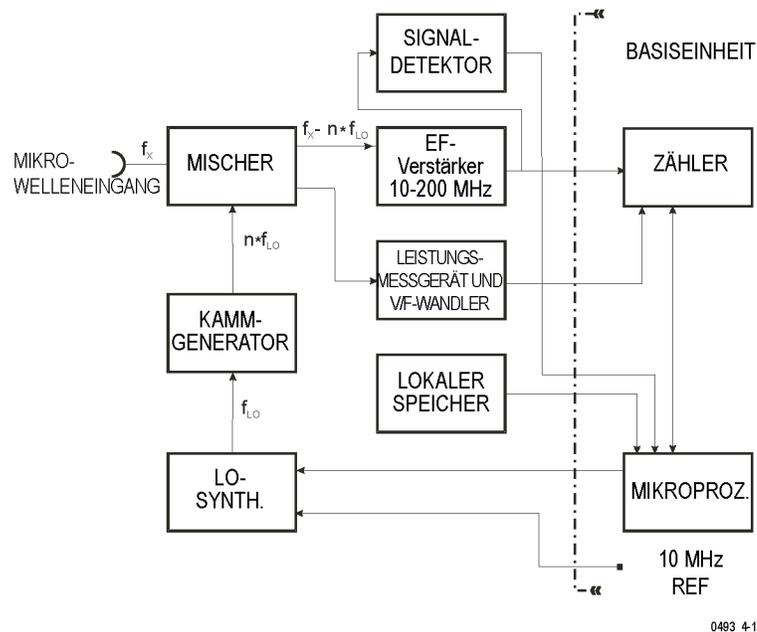


Abbildung 5: Mikrowellenerfassung mit der Serie MCA3000.

Der grundlegende LO-Frequenzbereich beträgt 430–550 MHz und ist in mehrere diskrete, in einer Nachschlagetabelle hinterlegte Frequenzen aufgeteilt. Der LO-Ausgang wird in einen Kammgenerator eingespeist, der ein harmonisches Spektrum erstellt, das den gesamten festgelegten Mikrowellenbereich abdeckt.

Die automatische Berechnung der Eingangsfrequenz umfasst die folgenden Schritte:

1. **Vorerfassung:** Bei diesem Vorgang wird festgestellt, ob ein messbares Signal am Eingang vorhanden ist und die LO-Frequenz bestimmt, die ein ZF-Signal zur Verfügung stellt, das über einem bestimmten Schwellenwert liegt. Dies erfolgt durch die schrittweises Herabstufen der LO-Frequenz vom höchsten zum niedrigsten Wert der Nachschlagetabelle und durch Bereitstellung des daraus resultierenden Kammgeneratorspektrums an den Mischer. Der Vorgang wird gestoppt, sobald der Signaldetektor ein Statussignal an den Prozessor ausgibt.
2. **Erfassung:** In diesem Vorgang wird die Oberwelle zur Erzeugung des ZF-Signals ermittelt. Das Gerät misst die ZF, verringert die LO-Frequenz um 1 MHz und misst die ZF erneut. Durch Bestimmen von Wert und Vorzeichen der Differenz zwischen den beiden Messungen kann das Gerät ermitteln, ob die ursprüngliche ZF zu der berechneten Oberwelle hinzuaddiert oder von dieser abgezogen werden muss, um den endgültigen Wert zu erreichen. Beträgt die Differenz zwischen den beiden Werten beispielsweise 5 MHz, erkennt das Gerät, dass die fünfte Oberwelle die ursprüngliche ist.
3. **Berechnung der endgültigen HF:** Das Gerät kennt die LO-Frequenz, den Multiplikationsfaktor n und das Vorzeichen. Das Gerät zählt die ZF während

einer der gewünschten Auflösung entsprechenden Messdauer und verwendet das Ergebnis zur Berechnung des endgültigen Werts, um diesen wie folgt anzuzeigen:

$$f_x = n \times f_{LO} \pm IF$$

Es gibt mehrere Zustände, die Probleme beim Erfassungsvorgang verursachen können. Diese möglichen Probleme werden durch von der Gerätefirmware ergriffene Maßnahmen behoben. Beispiel:

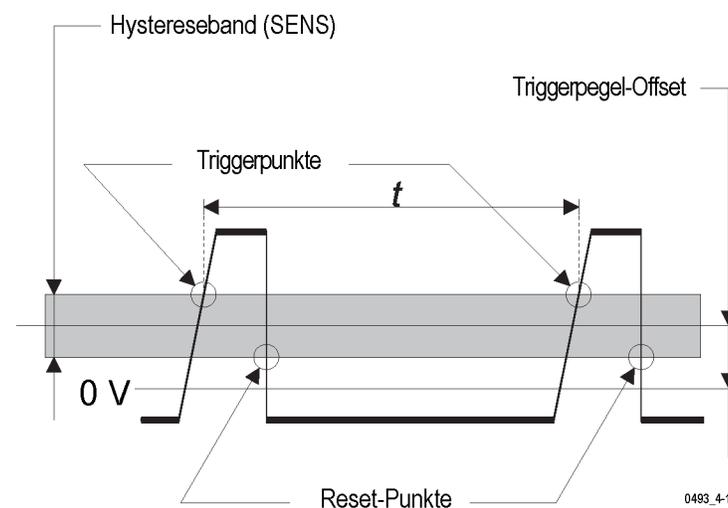
- Eine der Stufenfrequenzen erzeugt eine ZF, jedoch nicht ihren Verschiebungswert. Das Gerät wechselt zum nächsten Tabellenwert.
- Frequenzmodulation verursacht eine instabile „n“-Wert-Berechnung. Das Gerät erhöht die Messdauer.

Leistungsmessung. Die Geräte der Typen MCA3027 und MCA3040 können die Mikrowellensignalstärke über den gesamten Bereich des Eingang C-Abwärtswandlers messen. Die Korrekturdaten der frequenzabhängigen Leistungsmessung, die im Abwärtswandler gespeichert sind, helfen dabei, das Ablesen der Messwerte zu verbessern.

Eingänge A und B

Menüpfad: **Meas > Freq** (Messen > Freq)

Die Frequenz wird als Invertierung der Zeit zwischen zwei Triggerpunkten innerhalb des Hysteresebands gemessen. Das Gerät misst Frequenzen an den Eingängen A und B von 0,00 Hz bis 300 MHz im automatischen Triggermodus (0,001 Hz bis 400 MHz im manuellen Triggermodus).



Frequenzen über 100 Hz werden am besten mithilfe der *Standardeinstellung* gemessen. (Siehe Seite 91, *Standard-Geräteeinstellungen*.) Anschließend wird die **Freq A** automatisch ausgewählt. Weitere wichtige automatische Einstellungen sind **AC Coupling** (AC-Kopplung), **Auto Trig** und **Meas Time 200 ms** (Messdauer 200 ms). Die Standardeinstellungen dienen als Ausgangspunkt für erfolgreiche Frequenzmessungen.

Nachfolgend finden Sie eine Liste mit Einstellungen für optimale Frequenzmessungen:

- *AC Coupling* (AC-Kopplung) – da ein mögliches DC-Offset normalerweise unerwünscht ist.
- *Auto Trig* beutet in diesem Fall *Auto Hysteresis* (Auto-Hysterese) (vergleichbar mit einer AGC) – da überlagertes Rauschen, das den normalen, schmalen Hysteresebereich überschreitet, unterdrückt wird.
- *Meas Time 200 ms* (Messdauer 200 ms) – um eine optimale Abwägung zwischen Messgeschwindigkeit und Auflösung zu erhalten.

Einige der oben aufgeführten Einstellungen können durch Abrufen der *Standardeinstellung* oder durch drücken der Taste **Auto Set** (Autom. Einstellung) vorgenommen werden. Einmaliges Drücken der Taste bedeutet:

- *Auto Trig*. Beachten Sie, dass diese Einstellung nur einmal vorgenommen wird, wenn zuvor *Man Trig* ausgewählt war.

Durch zweimaliges Drücken der Taste **Auto Set** (Autom. Einstellung) innerhalb von zwei Sekunden wird die Messdauer auf 200 ms festgelegt.

Eingang C

Geräte der Serie FCA3X00

Mit dem Vorteiler des Eingangs C bei den betreffenden Geräten der Serie FCA3X00 können Sie Frequenzen bis zu 20 GHz messen. Der Vorteiler des Eingangs C funktioniert automatisch und erfordert keine Einstellungen.

Geräte der Serie MCA3000

Mit den Geräten der Serie MCA3000 können Sie mithilfe eines Verfahrens der Abwärtswandlung Frequenzen bis zu 27 GHz bzw. 40 GHz messen. (Siehe Seite 37, *Messen von Mikrowellen (FCA3020, FCA3120, MCA3027 und MCA3040)*.) Alternativ steht Ihnen eine schneller (manuelle) Erfassung zur Verfügung, wenn Sie die ungefähre zu messende Frequenz kennen. Geben Sie die Frequenz als Ausgangspunkt für den Erfassungsvorgang an.

Eine weitere Funktion ist das Messen der Signalleistung mit hoher Auflösung.

Verhältnis A/B, B/A, C/A, C/B

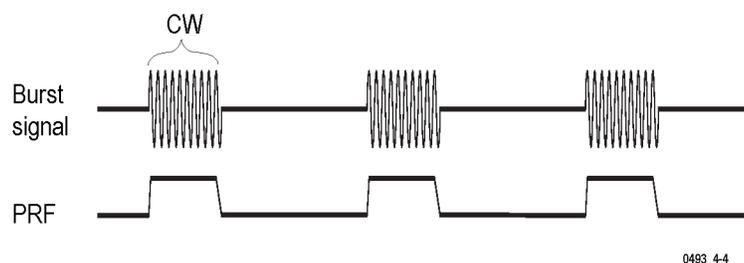
Menüpfad: **Meas > Freq Ratio** (Messen > Frequenzverhältnis)

Um das Frequenzverhältnis zwischen zwei Eingangsfrequenzen zu ermitteln, zählt das Gerät die Zyklen gleichzeitig an zwei Kanälen und teilt das Ergebnis am primären Kanal durch das Ergebnis am sekundären Kanal. Das Verhältnis kann zwischen den Eingängen A und B gemessen werden, wobei beide Kanäle jeweils als primärer bzw. sekundärer Kanal dienen können. Das Verhältnis kann auch zwischen den Kanälen C und A oder zwischen den Kanälen C und B gemessen werden, wobei der Kanal C als primärer Kanal dient.

Burst A, B, C

Menüpfad: **Meas > Freq Burst** (Messen > Freq. Burst)

Ein Burst-Signal verfügt über ein Trägersignal (Dauerstrichsignal) und eine Modulationsfrequenz, die auch als Impulsfolgefrequenz (PRF) bezeichnet wird und die das Dauerstrichsignal ein- und ausschaltet.



Die Dauerstrichsignal- und die PRF-Frequenz sowie die Anzahl der Zyklen in einem Burst werden ohne externes Aktivierungssignal und ohne wählbare Verzögerung der Startaktivierung gemessen. (Siehe Seite 77, *Aktivierung*.)

Die allgemeinen Frequenzbeschränkungen für den jeweiligen Messkanal gelten auch für Burst-Messungen. Die Mindestanzahl der Zyklen in einem Burst an Eingang A oder B beträgt unter 160 MHz 3 Zyklen und zwischen 160 und 400 MHz 6 Zyklen. Burst-Messungen an Eingang C umfassen eine Verteilung. Deshalb beträgt die Mindestanzahl der Zyklen das *3fache des Vorkalierungsfaktors*. Bei Modellen mit 3 GHz beträgt der Faktor der Vorkalierung 16 und benötigt daher mindestens 48 Zyklen in jedem Burst.

Die minimale Burst-Dauer beträgt unter 160 MHz 40 ns und über 160 MHz 80 ns.

Burst und Triggerung

Bursts mit einer PRF über 50 Hz können ohne Aktivierung der automatischen Triggerung gemessen werden.

Synchronisationsfehler können mit der automatischen Triggerung häufiger vorkommen. (Siehe Seite 44, *Mögliche Fehler bei der Burst-Messung*.)

Verwenden Sie die manuelle Triggerung, wenn die PRF kleiner als 50 Hz ist und die Lücken zwischen den Bursts sehr klein sind.

Verwenden Sie immer zuerst die Taste **Auto Set** (Autom. Einstellung). Die Kombination aus dem Triggermodus *Auto* und der Funktion *Auto Sync* führt in den meisten Fällen zu einem zufriedenstellenden Ergebnis. Manchmal führt das Umschalten der Triggerung von **Auto** auf **Manual** (Manuell) in den Menüs **Input A/Input B** (Eingang A/Eingang B) zu stabileren Ablesewerten.

An Eingang C erfolgt die Triggerung immer automatisch, und die Funktion **Auto Set** (Autom. Einstellung) wirkt sich nur auf die Burst-Synchronisation aus.

Burst-Messungen mit manueller Voreinstellung

Um den richtigen Abschnitt eines Bursts zu messen, ist es erforderlich, die drei Zeitwerte „Measure Time“ (Messdauer), „Sync Delay“ (Sync.-Verzögerung) und „Arm Start Delay“ (Verzögerung der Startaktivierung) einzustellen.

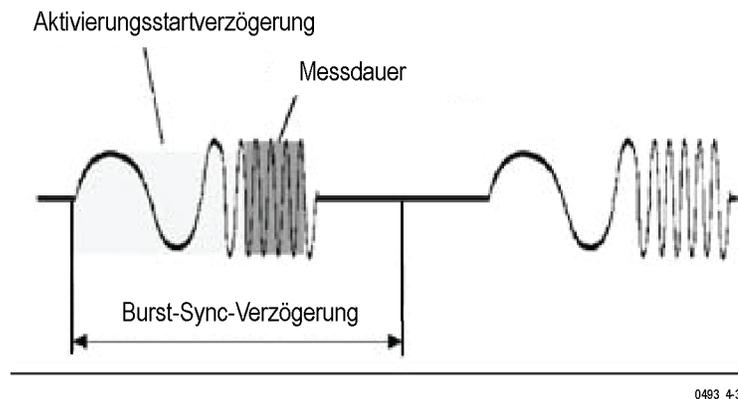
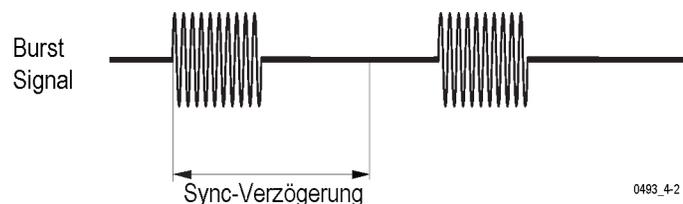


Abbildung 6: Um den richtigen Abschnitt eines Bursts zu messen, ist es erforderlich, drei Zeitwerte einzustellen.

Mit der intern synchronisierten BURST-Funktion können Sie an Eingang A und B Frequenzen von 0,001 Hz bis 300 MHz im automatischen Triggermodus (0,001 Hz bis 400 MHz im manuellen Triggermodus) und an Eingang C bis zur oberen spezifischen Frequenzgrenze des Verteilers messen. So nehmen Sie eine Burst-Messung mit manuellen Einstellungen vor:

1. Wählen Sie **Meas > Freq > Freq Burst** (Messen > Freq. > Freq. Burst) aus.
2. Wählen Sie die Eingangsquelle **A, B** oder **C** aus.
3. Wählen Sie **Settings > Burst** (Einstellungen > Burst) aus.
4. Wählen Sie **Meas Time** (Messdauer) aus, und geben einen Wert für die Messdauer ein, der kürzer ist, als die Burst-Dauer abzüglich zwei Dauerstrichsignal-Zyklen. Wenn Sie die ungefähren Burst-Parameter des Signals nicht kennen, beginnen Sie immer mit einer kurzen Messdauer und erhöhen Sie diese schrittweise, bis der Ablesewert instabil wird.

- Wählen Sie **Sync Delay** (Sync.-Verzögerung) aus, und geben Sie einen Wert ein, der größer als die Burst-Dauer und kleiner als die Invertierung der PRF ist.

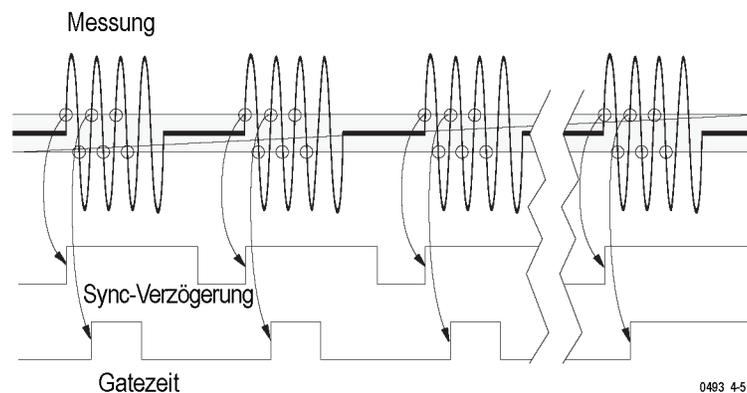


- Wählen Sie **Start Delay** (Startverzögerung) aus, und geben Sie einen Wert ein, der größer ist als der transiente Teil des Burst-Impulses.
- Wählen Sie **Frequency Limit** (Frequenzgrenze) (160/300 MHz) aus, wenn Eingang A oder Eingang B verwendet werden soll. Verwenden Sie möglichst die untere Grenze, um die Anzahl der erforderlichen Zyklen für eine Messung zu minimieren.
- Wählen Sie **Save|Exit** (Speichern/Beenden) aus, um das Messergebnis anzuzeigen.

Das Gerät zeigt alle relevanten Burst-Messungen an.

Auswählen der Messdauer. Die Messdauer muss kürzer sein, als die Burst-Dauer. Wird die Messung über eine Lücke zwischen den Burst hinaus fortgesetzt, egal wie kurz dieser Zeitraum auch immer sein mag, so ist die Messung unbrauchbar. Durch die Auswahl einer zu kurzen Messdauer wird lediglich die Auflösung verringert. Wird bei Frequenzmessungen an kurzen Bursts eine kurze Messdauer verwendet, führt dies zu einer schlechteren Auflösung als der, die normalerweise mit dem Gerät erreicht werden kann.

Die Funktion Sync.-Verzögerung. Die Sync.-Verzögerung dient der internen Verzögerung der Startaktivierung. Sie verhindert den Start einer neuen Messung, bis die festgelegte Sync.-Verzögerungszeit abgelaufen ist.



Nach dem die Messdauer gestartet wurde, synchronisiert das Gerät den Start der Messung mit dem zweiten Triggerereignis im Burst. Das bedeutet, dass die Messung nicht fehlerhafterweise in einer Lücke zwischen zwei Bursts oder innerhalb eines Bursts startet.

Mögliche Fehler bei der Burst-Messung. Solange die Messung nicht mit dem Burst-Signal synchronisiert ist, kann die erste Messung ungewollt innerhalb eines Bursts starten. Wenn dies geschieht und wenn die verbleibende Burst-Dauer kürzer ist als die eingestellte Messdauer, ist der Ablesewert der ersten Messung falsch. Jedoch wird die nächste Messung nach der ersten durch eine ordnungsgemäß eingestellte Verzögerungszeit für die Startaktivierung synchronisiert.

Bei manuell durchgeführten Anwendungen stellt dies kein Problem dar. Bei automatisierten Testsystemen, bei denen das Ergebnis einer einzelnen Messabtastrung zuverlässig sein muss, müssen mindestens zwei Messungen durchgeführt werden. Die erste zur Synchronisation der Messung, und die zweite, um ein Messergebnis zu ermitteln.

Frequenzmodulierte Signale

Ein frequenzmoduliertes Signal ist ein Trägersignal (Dauerstrichsignalfrequenz = f_0), dessen Frequenz sich auf einen höheren bzw. niedrigeren Wert als die Frequenz f_0 ändert. Das Modulationssignal verändert die Frequenz des Trägers.

Das Gerät ermöglicht folgenden Messungen:

f_0 = Trägerfrequenz (Frequenz)

f_{\max} = Maximalfrequenz (MAX)

f_{\min} = Minimalfrequenz (MIN)

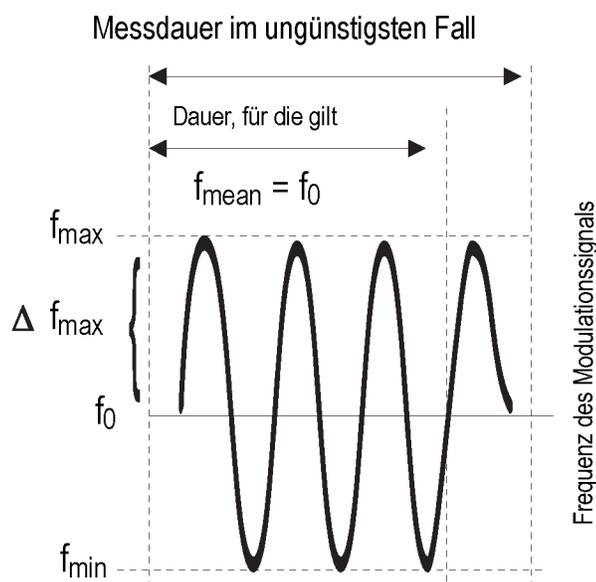
Δf = Frequenzhub = $f_{\max} - f_0$ (P-P).

Frequenz f_0 Um die Trägerfrequenz zu bestimmen, messen Sie f_{mean} , die nahe an f_0 liegt.

1. Wählen Sie **Analyze** (Analyse) aus, um einen Überblick über die statistischen Parameter zu erhalten.
2. Wählen Sie die Messdauer so, dass das Gerät eine gerade Anzahl an Modulationsperioden misst. Auf diese Weise werden die negativen Frequenzabweichungen von den positiven während der Messung kompensiert.

Wenn die Modulationsfrequenz beispielsweise 50 Hz und die Messdauer 200 ms beträgt, benötigt das Gerät 10 vollständig gemessene Modulationszyklen.

Ist die Modulation nicht kontinuierlich, wie z. B. bei einem Sprachsignal, können positive Abweichungen nicht vollständig mit negativen Abweichungen kompensiert werden. In diesem Fall bleibt ein Teil des Modulationssignals unkompensiert. Dies führt zu einem zu hohen oder zu niedrigen Messergebnis.



0493_4-6

Abbildung 7: Frequenzmodulation

Schlimmstenfalls bleibt genau ein halber Modulationszyklus unkompensiert, was zu folgender Ungenauigkeit führt:

$$f_0 - f_{\text{mean}} = \pm \frac{\Delta f_{\text{max}}}{t_{\text{measuring}} \times f_{\text{modulation}} \times \pi}$$

Um eine genaue Messung der Trägerfrequenz f_0 durchzuführen, messen Sie das unmodulierte Signal, falls dieses verfügbar ist.

Modulationsfrequenzen über 1 kHz.

1. Schalten Sie **Single** (Einzel) aus.
2. Stellen Sie eine lange Messdauer ein, die einem geraden Vielfachen der Inversion der Modulationsfrequenz entspricht. Sie erhalten einen guten Annäherungswert, wenn Sie eine lange Messdauer (z. B. 10 s) einstellen und wenn die Modulationsfrequenz hoch (über 1000 Hz) ist.

Niedrige Modulationsfrequenzen.

1. Wählen Sie **Settings > Stat** (Einstellungen > Stat) aus, und stellen Sie den Parameter **No. of samples** (Anzahl der Abtastungen) unter Berücksichtigung der maximal zulässigen Messdauer auf einen möglichst hohen Wert ein.
2. Wählen Sie **Analyze** aus, und lassen Sie den Mittelwert der Abtastungen vom Gerät berechnen.

Im Normalfall erhalten Sie mit einer Messdauer von 0,1 s pro Abtastung und mehr als 30 Abtastungen ($n \geq 30$) gute Ergebnisse. In speziellen Fällen können Sie die optimale Kombination von Abtastumfang und Messdauer durch einige Messversuche ermitteln. Dies hängt von der tatsächlichen f_0 und dem Frequenzhub Δf_{max} ab.

Hier ist die Abtastfrequenz der Messung (1/Messdauer) asynchron zur Modulationsfrequenz. Dies führt zu individuellen Messergebnissen, die willkürlich höher oder niedriger sind als f_0 . Der statistische Mittelwert der Frequenz f_{mean} nähert sich der f_0 an, wenn die Anzahl der gemittelten Abtastungen ausreichend groß ist.

Wenn das Gerät momentane Frequenzwerte misst (bei sehr kurzer Messdauer), beträgt die Effektivwert-Messgenauigkeit des gemessenen Werts von f_0 :

$$f_0 - f_{mean} = \pm \frac{1}{\sqrt{2n}} \times \Delta f_{max}$$

Dabei gilt, „n“ ist die Anzahl der gemittelten Abtastungen von f.

fmax (MAX)

Messen von fmax:

1. Wählen Sie **Settings > Stat** (Einstellungen > Stat) aus, und stellen Sie die **No.of samples** (Anzahl der Abtastungen) auf den Wert 1.000 oder höher ein.
2. Wählen Sie **Meas Time** (Messdauer) aus, und stellen Sie einen niedrigen Wert ein.
3. Wählen Sie **Analyze** (Analyse) aus. Das Gerät zeigt den Wert für f_{max} in der MAX-Anzeige an.

fmin (MIN)

1. Wählen Sie **Settings > Stat** (Einstellungen > Stat) aus, und stellen Sie die **No.of samples** (Anzahl der Abtastungen) auf den Wert 1.000 oder höher ein.
2. Wählen Sie **Meas Time** (Messdauer) aus, und stellen Sie einen niedrigen Wert ein.
3. Wählen Sie **Analyze** (Analyse) aus. Das Gerät zeigt den Wert für f_{min} in der MIN-Anzeige an.

Δf_{p-p} (SS)

1. Wählen Sie **Settings > Stat** (Einstellungen > Stat) aus, und stellen Sie die **No.of samples** (Anzahl der Abtastungen) auf den Wert 1.000 oder höher ein.
2. Wählen Sie **Meas Time** (Messdauer) aus, und stellen Sie einen niedrigen Wert ein.
3. Wählen Sie **Analyze** (Analyse) aus, und lesen Sie den SS-Wert ab.

$$\Delta f_{p-p} = f_{max} - f_{min} = 2 \times \Delta f$$

Fehler bei f_{max} , f_{min} und Δf_{p-p} .

Eine Messdauer, die 1/10 Zyklus oder 36° des Modulationssignals entspricht, führt zu einem Fehler von etwa 1,5 %.

Wählen Sie die Messdauer so, dass:

$$t_{\text{measure}} \leq \frac{1}{10 \times f_{\text{modulation}}}$$

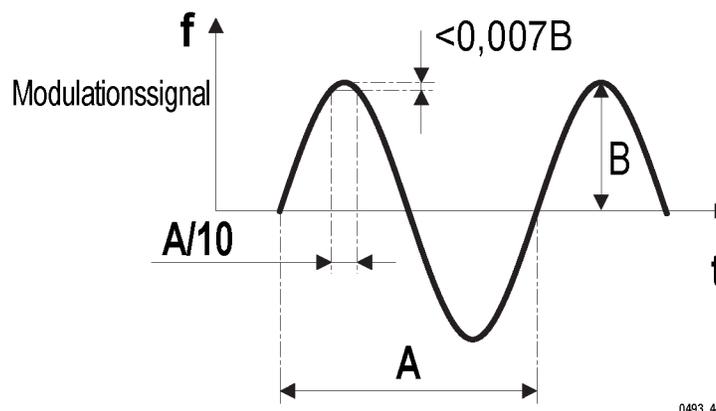


Abbildung 8: Fehler beim Bestimmen von f_{max}

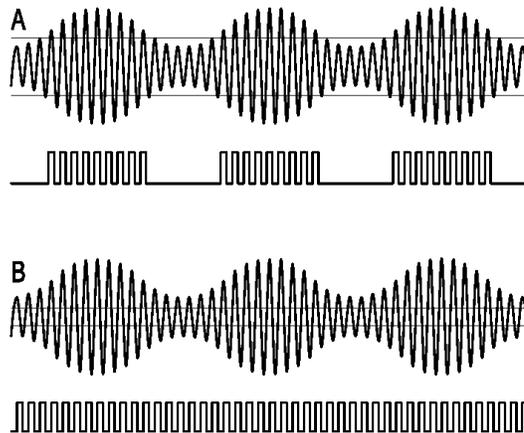
Um sicherzugehen, dass es sich bei der erfassten Maximalfrequenz um f_{max} handelt, wählen Sie eine ausreichend große Anzahl an Abtastungen aus (z. B. $n \geq 1000$).

AM-Signale

Das Gerät kann normalerweise die Träger- und die Modulationsfrequenz eines AM-Signals messen. Diese Messungen sind den zuvor in diesem Handbuch beschriebenen Burst-Messungen sehr ähnlich.

Messen der Trägerfrequenz

Das Trägersignal (Dauerstrichsignal) ist nur innerhalb eines schmalen Amplitudenbandes in der Mitte des Signals kontinuierlich vorhanden, wenn die Modulationstiefe hoch ist. Wenn die Triggerempfindlichkeit (Hysterese) des Geräts zu breit ist, verpasst die Triggerung einige Zyklen und die Messergebnisse sind falsch.



Messen der Dauerstrichsignal-Frequenz:

1. Drücken Sie die Menütaste **Input A** (Eingang A).
2. Wählen Sie eine Messdauer, mit der Sie die gewünschte Auflösung erreichen.
3. Aktivieren Sie den Triggermodus **Manual** (Manuell).
4. Wählen Sie **Trig level** (Triggerpegel) aus, geben Sie einen Triggerpegel von **0 V** ein, und drücken Sie **Save|Exit** (Speichern/Beenden).
5. Wählen Sie **AC coupling** (AC-Kopplung) aus.
6. Wählen Sie **1x** für eine 1fache Dämpfung aus, um ein schmales Hystereseband zu erreichen. Wenn das Gerät auf Rauschen triggert, verbreitern Sie das Hystereseband mit der Funktion „Variable Hysteresis“ (Variable Hysterese), indem Sie einen Triggerpegel von >0 V jedoch $< V_{SSmin}$ eingeben.

Messen der Modulationsfrequenz

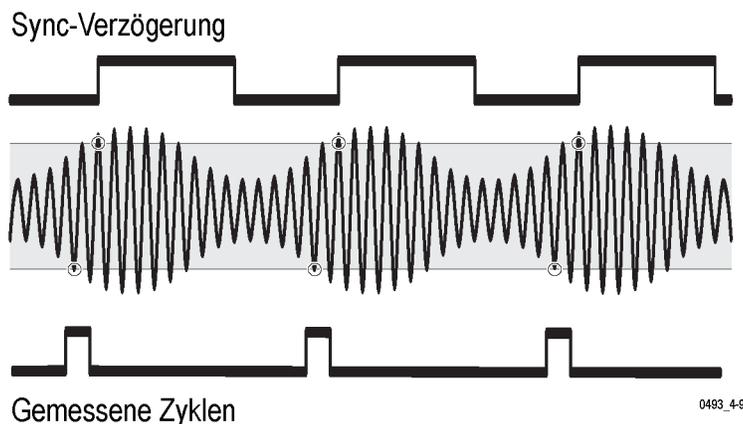
Am einfachsten kann die Modulationsfrequenz nach der Demodulation gemessen werden. Verwenden Sie dazu am Eingangskanal einen HF-Detektortastkopf (auch Demodulator-Tastkopf genannt) mit AC-Kopplung.

Wenn kein geeigneter Demodulator zur Verfügung steht, verwenden Sie die Funktion **Freq. Burst**, um die Modulationsfrequenz auf die gleiche Weise zu messen, wie die Burst-PRF.

Messen der Modulationsfrequenz:

1. Wählen Sie **Meas > Freq Burst A** (Messen > Freq. Burst A) aus.
2. Wählen Sie **Settings > Burst > Meas Time** (Einstellungen > Burst > Messdauer) aus, und geben Sie eine Messdauer von etwa 25 % der Modulationsperiode ein.
3. Wählen Sie **Sync Delay** (Sync.-Verzögerung) aus, und geben Sie einen Wert ein, der etwa 75 % der Modulationsperiode entspricht.

4. Wählen Sie **Input A** (Eingang A) aus, und aktivieren Sie den Triggermodus **Manual** (Manuell).
5. Wählen Sie **Trig** aus, und wählen Sie den Triggerpegel so, dass die Triggerung gemäß der nachfolgenden Abbildung erfolgt.



Der **PRF**-Ablesewert zeigt die Modulationsfrequenz, selbst wenn der Ablesewert der Hauptfrequenz nicht stabil ist.

Periode

Einzel A, B und Durchschn.
A, B, C

Menüpfad: **Meas > Period > Single** (Messen > Periode > Einzel)

Hinsichtlich der Messung ist die Periodenfunktion mit der Frequenzfunktion identisch. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Periode eines zyklischen Signals den reziproken Wert der Frequenz $1/f$ besitzt.

In der Praxis gibt es zwei geringfügige Unterschiede.

1. Das Gerät berechnet Frequenzen (immer Mittelwert) wie folgt:

$$f = \frac{\text{number of cycles}}{\text{actual gate time}}$$

Der Periodenmittelwert hingegen wird wie folgt berechnet:

$$p = \frac{\text{actual gate time}}{\text{number of cycles}}$$

2. Das Gerät verwendet für die Einzelperiodenmessung keinen Vorteiler.

Alle anderen, zuvor für Frequenzmessungen beschriebenen Funktionen gelten für Periodenmessungen.

Aufeinanderfolgende Einzelmessungen A, B (nur Serie FCA3100)

Menüpfad: **Meas > Period > Single Back to Back** (Messen > Periode > Aufeinanderfolgende Einzelmessungen)

Bei dieser Messung werden aufeinanderfolgende Periodenmessungen ohne Totzeit mithilfe von Zeitmarken durchgeführt.

Jeder positive bzw. negative Nulldurchgang (abhängig von der ausgewählten Flanke) bis zur Maximalfrequenz (125 kHz mit Interpolator-Kalibrierung **On** (Ein) oder 250 kHz mit Interpolator-Kalibrierung **Off** Aus)) erhält eine Zeitmarke. Mit jeder neuen Zeitmarke wird der vorherige Wert vom aktuellen Wert abgezogen und das Ergebnis angezeigt.

Im Modus **Value** (Wert) wird die Anzeige mit jeder neuen Periode aktualisiert, wenn die Periode größer als 200 ms ist. Bei kürzeren Zeiten wird aufgrund der begrenzten Aktualisierungsrate jedes zweite, dritte, vierte Ergebnis usw. angezeigt.

Im Modus **Analyze** (Analyse) enthalten die grafische Darstellung und die statistischen Daten alle Perioden bis zur maximalen Eingangsfrequenz. Bei höheren Frequenzen zeigt das Gerät den Periodenmittelwert während des Beobachtungsintervalls von 4 µs bzw. 8 µs an. Bei höheren Frequenzen ist die eigentliche Funktion der aufeinanderfolgende Periodenmittelwert.

Die Hauptaufgabe dieser Funktion ist die kontinuierliche Messung von relativ langen Periodenzeiten, ohne dabei einzelne Perioden aufgrund von Ergebnisverarbeitung zu verlieren. Ein typisches Beispiel ist der PPS-Ausgang von GPS-Empfängern.

Mittelwert A, B

Menüpfad: **Meas > Period > Average** (Messen > Periode > Mittelwert)

Das Gerät misst den Periodenmittelwert des Signals. Diese Messung bietet eine höhere Auflösung als die Einzelperiodenmessung.

Frequenz

Aufeinanderfolgende Frequenzmessungen A, B (nur Serie FCA3100)

Menüpfad: **Meas > Freq > Single Back to Back** (Messen > Freq. > Aufeinanderfolgende Einzelmessungen)

Diese Messung verwendet Zeitmarken, um aufeinanderfolgende Frequenzmessungen ohne Totzeit durchzuführen.

Diese Funktion ist die Umkehrung der aufeinanderfolgenden Periodenfunktion. Im Modus „Analyze“ (Analyse) dient die Messdauer als Schrittsteuerung der Zeitmarken. Der Schrittsteuerungsparameter wird in diesem Fall nicht verwendet.

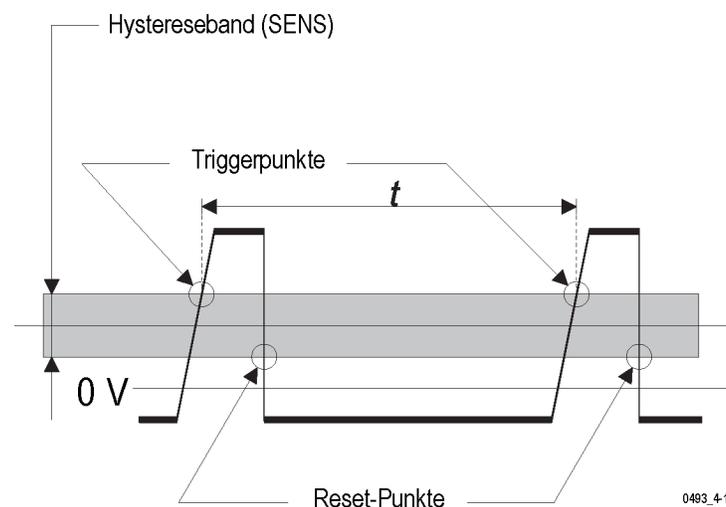
Aufeinanderfolgende Frequenzmittelwert-Messungen ohne Totzeit werden verwendet, um die Allan-Abweichung zu berechnen. Diese statistischen Messungen werden von Oszillatorherstellern häufig verwendet, um kurzfristige Stabilität zu beschreiben.

Zeitmessungen

Einleitung

Messen der Zeit zwischen Start- und Stoppzustand an zwei separaten Kanälen stellt die Basis für alle Zeitintervallmessungen dar. Zusätzlich zur Funktion **Time Interval A to B** (Zeitintervall zwischen A und B) bieten die Zähler weitere Kanalkombinationen und abgeleitete Funktionen wie **Pulse Width** (Impulsbreite) und **Rise/Fall Time** (Anstiegs-/Abfallzeit).

Die Zeit wird zwischen dem Triggerpunkt und dem Reset-Punkt gemessen. Exakte Messungen sind nur mit einem schmalen Hystereseband möglich.



Triggerung und Zeitmessungen

Die Einstellungen für Triggerpegel und Triggerflanke legen die Start- und Stopptriggerung fest. Wenn der Modus **Auto** aktiviert ist, stellt das Gerät den Triggerpegel auf 50 % der Signalamplitude ein, was für die meisten Zeitmessungen ein idealer Wert ist.

Zusammenfassung der Bedingungen für zuverlässige Zeitmessungen.

- Die Funktion **Auto Once** (Einmal Auto) oder das Einstellen der durch **Auto Trig** ermittelten Triggerpegel sind normalerweise die besten Möglichkeit zur Durchführung einer Zeitmessung. Wählen Sie **Man Trig** aus, und drücken Sie die Taste **Auto Set** einmal.
- **DC-Coupling** (DC-Kopplung)
- **1x** (1fache) Dämpfung. Ist automatisch ausgewählt, wenn zuvor **Auto Set** (Autom. Einstellung) für das Einstellen der Triggerpegel verwendet wurde.

- Hoher Signalpegel
- Steile Signalflanken

Obwohl die Eingangsverstärker eine hohe Empfindlichkeit besitzen, ist der Wert des Hysteresebands begrenzt, wodurch bei Signalen mit unterschiedlichen Anstiegs- und Abfallzeiten, z. B. bei den in der vorherigen Abbildung dargestellten asymmetrischen Impulssignalen, ein geringer Timing-Fehler eingeführt wird. Dieser Timing-Fehler wird durch die Verwendung der Hysteresekompensation beseitigt, die die Triggerpunkte praktisch um die Hälfte des Hysteresebands verschiebt.

Zeitintervall

Menüpfad: **Meas > Time > Time Interval** (Messen > Zeit > Zeitintervall)

Mit der Zeitintervallmessung können Sie die Anstiegs- und Abfallzeiten zwischen bestimmten Triggerpegeln messen.

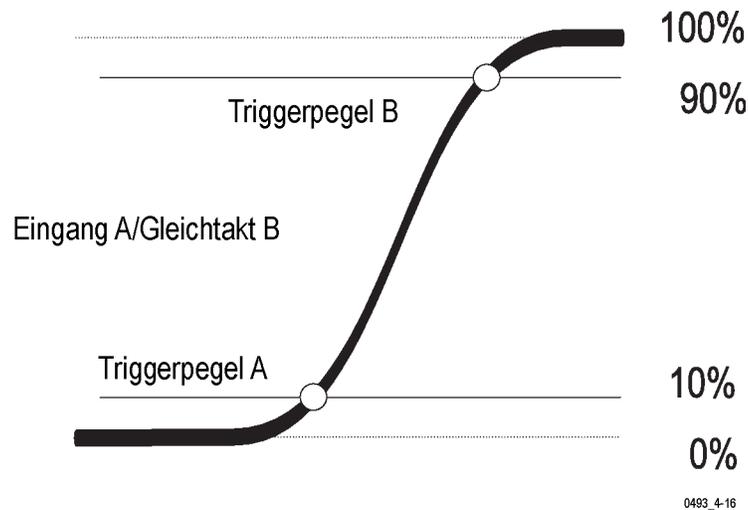
Verwenden Sie die Tasten **Input A/B > Slope** (Eingang A/B > Flanke) (gekennzeichnet mit dem Symbol einer positiven oder negativen Flanke), um die Signalflanke festzulegen, bei der die Messung gestartet oder gestoppt werden soll.

- Zeitintervall zwischen A und B: Das Gerät misst die Zeit zwischen einer Startbedingung an Eingang A und einer Stoppbedingung an Eingang B.
- Zeitintervall zwischen B und A: Das Gerät misst die Zeit zwischen einer Startbedingung an Eingang B und einer Stoppbedingung an Eingang A.
- Zeitintervall A bis A bzw. B bis B: Wenn dieselbe (gemeinsame) Signalquelle die Start- und Stopp-Tiggerereignisse bereitstellt, speisen Sie das Signal entweder bei Eingang A oder bei Eingang B ein.

Anstiegs-/Abfallzeit A/B

Menüpfad: **Meas > Time > Rise Time** (Messen > Zeit > Anstiegszeit), **Meas > Time > Fall Time** (Messen > Zeit > Abfallzeit)

Für gewöhnlich wird die Anstiegs-/Abfallzeit in dem Bereich zwischen 10 % und 90 % der Signalamplitude gemessen.



Die Triggerpegel werden vom Gerät berechnet und eingestellt. Anstiegs- und Abfallzeiten können an den Eingängen A und B gemessen werden.

Weitere gemessene Parameter sind die Slew-Rate (V/s), V_{\max} und V_{\min} .

Für ECL-Schaltkreise gelten die Referenzpegel 20 % (Start) und 80 % (Stop). In diesem Fall können Sie eines der beiden Verfahren zum Einstellen der Referenzwerte verwenden:

1. Wählen Sie die oben beschriebene allgemeine Funktion *Time Interval* (Zeitintervall) aus, und stellen Sie die Triggerpegel manuell ein, nachdem Sie diese aus den absoluten Spitze-Spitze-Werten berechnet haben. Anschließend können Sie von den zusätzlichen Parametern V_{\max} und V_{\min} profitieren. Verwenden Sie für Messungen an Eingang A die folgenden Einstellungen:

Anstiegszeit:

$$\text{Triggerpegel A} = V_{\min} + 0,2 (V_{\max} - V_{\min})$$

$$\text{Triggerpegel B} = V_{\min} + 0,8 (V_{\max} - V_{\min})$$

Abfallzeit:

$$\text{Triggerpegel A} = V_{\min} + 0,8 (V_{\max} - V_{\min})$$

$$\text{Triggerpegel B} = V_{\min} + 0,2 (V_{\max} - V_{\min})$$

2. Wählen Sie eine der vorgesehenen Anstiegs-/Abfallzeitmessungen aus, und stellen Sie manuell die relativen Triggerpegel (in %) ein, wenn der automatische Triggermodus aktiv ist. Verwenden Sie beide Eingangskanalmenus, um die Triggerpegel einzugeben, auch wenn nur ein Kanal als aktiver Signaleingang dient.

Ein Überschwingen kann sich ebenfalls auf Ihr Messergebnis auswirken. (Siehe Seite 56, *Automatische Triggerung*.)

Zeitintervallfehler (TIE) (nur Serie FCA3100)

Menüpfad: **Meas > Time > TIE** (Messen > Zeit > TIE)

Die TIE-Messung verwendet kontinuierliche Zeitmarken, um langsame Phasenverschiebungen in nominell stabilen Signalen über längere Zeiträume zu beobachten. Eine typische Anwendung ist die Überwachung dezentraler PLL-Taktungen in synchronisierten Datenübertragungssystemen.

TIE-Messungen können nur für Taktsignale und nicht für Datensignale verwendet werden.

Die Frequenz des zu prüfenden Signals kann entweder manuell oder automatisch eingestellt werden. Mit der Funktion **Auto** wird die Frequenz anhand der ersten beiden Abtastungen ermittelt. Der Wert wird auf 4 Stellen gerundet (z. B. 2,048 MHz) und bei Abfrage an den Bus ausgegeben. Er wird darüber hinaus als zusätzliches Messergebnis im Modus **Value** (Wert) angezeigt.

TIE wird als Zeitintervall zwischen dem Eingangssignal und dem internen oder externen Zeitbasistakt gemessen. Diese Signale sind keine PLL-Signale. Deshalb wird ohne Berücksichtigung des Echtzeit-Intervallwerts beim Start der Messung das Ergebnis bei $t = 0$ mathematisch auf null gesetzt. Die grafische Darstellung im Modus **Analyze** (Analyse) startet am Koordinatenursprung.

Impulsbreite A/B

Menüpfad: **Meas > Pulse > Width Positive** (Messen > Impuls > Positive Breite), **Meas > Pulse > Width Negative** (Messen > Impuls > Negative Breite)

Für die Messungen können die Eingänge A und B verwendet werden, und die positive und negative Impulsbreite kann ausgewählt werden.

- Positive Impulsbreite bedeutet die Zeit zwischen einer ansteigenden und der nächsten abfallenden Flanke.
- Negative Impulsbreite bedeutet die Zeit zwischen einer abfallenden und der nächsten ansteigenden Flanke.

Die ausgewählte Triggerflanke ist die Start-Triggerflanke. Das Gerät wählt automatisch die umgekehrte Polarität als Stoppflanke aus.

Lastfaktor A/B

Menüpfad: **Meas > Pulse > Width Positive** (Messen > Impuls > Positiver Lastfaktor), **Meas > Pulse > Width Negative** (Messen > Impuls > Negativer Lastfaktor)

Der Lastfaktor (auch Tastverhältnis) ist das Verhältnis zwischen Impulsbreite und Periodendauer:

$$\text{Dutyfactor} = \frac{\text{Pulse width}}{\text{Period}}$$

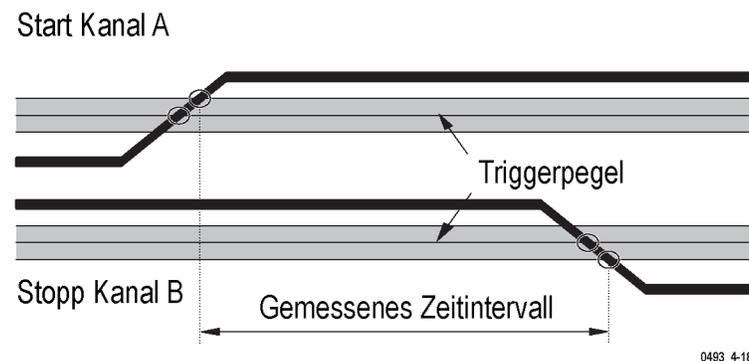
Das Gerät ermittelt dieses Verhältnis in einem Arbeitsgang, indem drei Zeitmarkenmessungen durchgeführt werden (zwei aufeinanderfolgende positive Trigger-A- und eine negative Trigger-B-Messung, wenn an Eingang A die Messfunktion „Duty Factor Positive“ (Positiver Lastfaktor) ausgewählt ist).

Sie können sowohl Eingang A als auch Eingang B für die Messung positiver und negativer Lastfaktoren verwenden. Das Gerät zeigt auch die Messwerte zur Periode und Impulsbreite an.

HINWEIS. Die gesamte Messdauer verdreifacht sich im Vergleich zu einer Einzelmessung, da die Messung drei Messschritte benötigt.

Fehler bei der Zeitmessung

Hysterese Die Triggerhysterese kann Fehler bei der Zeitmessung verursachen. Zeitmessungstrigger treten auf, sobald das Eingangssignal das gesamte Hystereseband durchläuft, jedoch nicht, wenn das Eingangssignal nur 50 % der Amplitude durchläuft, wie in der nachfolgenden Abbildung dargestellt:

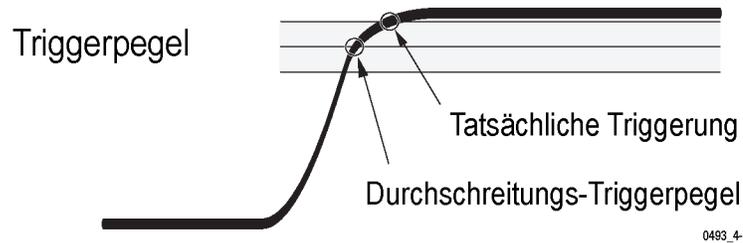


Die Amplitude des Hysteresebands beträgt bei 1facher Dämpfung 20 mV und bei 10facher Dämpfung 200 mV.

Um Hysteresetriggerfehler gering zu halten, stellen Sie die Dämpfung möglichst auf **1x** (1fach) ein. Verwenden Sie die 10fache Dämpfung nur, wenn die Amplitude des Eingangssignals übermäßig groß ist oder wenn Sie Triggerpegel über 5 V einstellen müssen.

Übersteuerung und Impulsabrundung

Zusätzliche Timing-Fehler können durch Triggern mit unzureichender Signalübersteuerung verursacht werden. Erfolgt die Triggerung zu nahe an der maximalen Spannung eines Impulses, können zwei Phänomene die Genauigkeit Ihrer Messung beeinflussen: Übersteuerung und Impulsabrundung.



Übersteuerung. Selbst ein Eingangssignal mit nur geringfügiger Übersteuerung, das das Hystereseband durchläuft, kann dazu führen, dass die Triggerung mehrere 100 ps länger dauert als normal. Dieser Fehler umfasst den schlimmsten beschriebenen systematischen Triggerfehler von 500 ps. Um diesen Fehler zu vermeiden, vergewissern Sie sich, dass das Eingangssignal bzw. der Triggerpegel über eine geeignete Übersteuerung verfügen.

Impulsabrundung. Bei sehr schnellen Impulsen kann es zu Impulsabrundung, Überschwingen oder anderen Fehlern kommen. Impulsabrundung kann zu erheblichen Triggerfehlern führen, besonders beim Messen an schnellen Schaltungen.

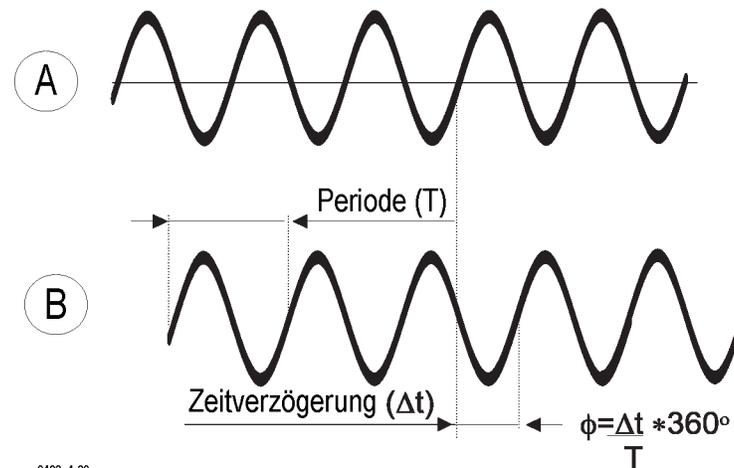
Automatische Triggerung

Die automatische Triggerung ist bei der Messung von unbekanntem Signalen sehr effektiv. Ein Überschwingen kann dazu führen, dass die automatische Triggerung geringfügig falsche minimale und maximale Signalpegel auswählt. Dies wirkt sich nicht auf Frequenzmessungen o. ä. aus. Auf Messungen der Übergangszeit kann es sich jedoch auswirken. Stellen Sie deshalb die Triggerpegel manuell ein, wenn Sie mit bekannten Signalen, wie z. B. bei logischen Schaltungen, arbeiten.

Verwenden Sie immer manuelle Triggerpegel, wenn die Signalwiederholungsrate unter 100 Hz (Standard) oder unter den im Menü **Settings > Misc > Auto Trig Low Freq** (Einstellungen > Versch. > Untere Auto-Trigger-Frequenz) eingestellten Wert zwischen 1 Hz und 50 kHz sinkt.

Phasenmessungen

Die Phase ist der Zeitunterschied zwischen zwei Signalen derselben Frequenz ausgedrückt in Form einer Winkelangabe.



Die herkömmliche Methode zur Messung der Phasenverschiebung mit einem Zeitgeber/Gerät erfolgt in Form von zwei aufeinanderfolgenden Messungen: einer Periodenmessung und einer unmittelbar nachfolgend ausgeführten Zeitintervallmessung. Die Phasenverschiebung wird anschließend wie folgt berechnet:

$$\frac{360^\circ \times (\text{Time Interval } A-B)}{\text{Period}}$$

Anders ausgedrückt:

$$\text{Phase } A-B = 360^\circ \times \text{Zeitverzögerung} \times \text{Freq}$$

Die Geräte der Serie FCA3000, FCA3100 und MCA3000 verwenden ein aufwändigeres Verfahren zur Bestimmung der Phasen. Beide Messungen erfolgen in einem Schritt zusammen mit der Zeitmarkenmessung. Zwei aufeinanderfolgende Zeitmarken von Triggerereignissen an den Eingängen A und B reichen aus, um den Phasenunterschied inklusive der Phasenbeziehung der Signale zu berechnen.

Auflösung

Sie können eine Phasenmessung an Signalen bis zu 160 MHz durchführen. Die Auflösung der Messung hängt von der Frequenz ab. Die Auflösung bei Frequenzen unter 100 kHz beträgt $0,001^\circ$ und bei Frequenzen über 10 MHz 1° . Die Auflösung der Phasenmessung kann verbessert werden, indem die integrierten Statistikfunktionen zur Mittelung der Messung verwendet werden.

Mögliche Fehler

Sie können eine Phasenmessung an Signalen bis zu 160 MHz durchführen. Bei diesen hohen Frequenzen ist die Phasenauflösung jedoch verringert auf:

$$100 \text{ ps} \times 360^\circ \times \text{FREQ}$$

Ungenauigkeiten

Ungenauigkeiten bei der Phasenmessung A-B können auf mehrere externe Parameter zuzuführen sein:

- Eingangssignalfrequenz
- Spitzenamplitude und Slew-Rate der Eingangssignale an den Kanälen A und B
- Signal-Rausch-Verhältnis des Eingangssignals

Einige interne Geräteparameter sind ebenfalls von Bedeutung:

- Interne Zeitverzögerung zwischen den Signalpfaden der Eingänge A und B
- Schwankungen im Hysteresefenster zwischen den Eingängen A und B

Bei der Phasenmessung treten zwei Arten von Ungenauigkeiten auf: zufällige Fehler und systematische Fehler. Die zufälligen Fehler bestehen aus Auflösungs- (Quantisierung) und Rauschtriggerfehlern. Systematische Fehler bestehen aus Verzögerungsunterschieden zwischen den Kanälen und Fehlern beim Triggerpegel-Timing. Systematische Fehler sind bei bestimmten Eingangssignalen konstant. Im Allgemeinen können diese im Controller (GPIB-Systeme) oder lokal mithilfe des Menüs **Math/Limit** (Math./Grenzwert) (manuelle Bedienung) nach der Durchführung von Kalibrierungsmessungen kompensiert werden. (Siehe Seite 61, *Kompensationsmethoden*.)

Zufällige Fehler bei Phasenmessungen. Der Phasenquantisierungs-Fehleralgorithmus lautet:

$$100 \text{ ps} \times 360^\circ \times \text{FREQ}$$

Beispielsweise beträgt der Quantisierungsfehler für ein 1-MHz-Signal:

$$100 \text{ ps} \times 360^\circ \times (1 \times 10^6) \approx 0,04^\circ$$

Der Rauschtriggerfehler besteht aus Fehlern bei der *Start-* und *Stopp-Triggerung*, die hinzuaddiert werden müssen. Bei sinusförmigen Signalen lautet jeder Fehler:

$$\frac{360^\circ}{2\pi \times s/n \text{ ratio}}$$

Verwenden Sie das oben aufgeführte Beispiel, und addieren Sie etwas Rauschen hinzu, sodass das Signal-Rausch-Verhältnis 40 dB beträgt. Das entspricht einem 100fachen Amplitudenverhältnis (und einem 10.000fachen Leistungsverhältnis). Anschließend erhöht das Triggerrauschen den zufälligen Fehler wie folgt:

$$\frac{360^\circ}{2\pi \times 100} \approx 0.6^\circ$$

Die Summe zufälliger Fehler darf aufgrund des zufälligen Charakters nicht linear addiert werden, sondern als Wurzel des quadratischen Mittelwerts. Verfahren Sie für die oben aufgeführten Beispiele wie folgt:

Zufälliger Fehler

$$\text{Random error} = \sqrt{\text{quant. err.}^2 + \text{start trg.err}^2 + \text{stop trg.err}^2}$$

Damit ergibt sich Summe zufälliger Fehler wie folgt:

$$\sqrt{0.04^2 + 0.6^2 + 0.6^2} \approx 0.85^\circ \text{ (single shot)}$$

Wie werden zufällige Fehler berücksichtigt, die durch internes Verstärkerrauschen verursacht werden? Die Auswirkungen internen Rauschens können normalerweise vernachlässigt werden. Der durch internes oder externes Rauschen auf dem Signal verursachte Phasenfehler lautet wie folgt:

$$\frac{360^\circ}{2\pi \times s/n \text{ ratio}}$$

Bei einem Eingangssignal vom 250 mV_{rms} und einem typischen internen Rauschen von 250 µV_{rms} ergibt sich ein Signal-Rausch-Verhältnis von mindestens 60 dB (1.000fach). Dies ergibt schlimmstenfalls einen Fehler von 0,06°. Erhöht sich das Eingangssignal auf 1,5 V_{rms}, verringert sich der Fehler auf 0,01°.

Mithilfe der Statistikfunktionen des Geräts und durch Berechnen des Mittelwerts anhand mehrerer Abtastungen lassen sich zufällige Fehler ebenfalls verringern.

Systematische Fehler bei Phasenmessungen. Systematische Fehler bestehen aus folgenden Elementen:

- Unterschiedliche Ausbreitungsverzögerungen zwischen den Kanälen
- Triggerpegel-Timing-Fehler (Start und Stopp) aufgrund von Triggerpegelungenauigkeiten

Bei identischen Triggerbedingungen an beiden Kanälen beträgt der Unterschied bei der Ausbreitungsverzögerung zwischen den Kanälen üblicherweise 500 ps. Entsprechend gilt für den Phasenunterschied:

$$<0,5 \text{ ns} \times 360^\circ \times \text{FREQ}$$

In der nachfolgenden Tabelle sind die Phasenunterschiede, die durch unterschiedliche Ausbreitungsverzögerungen zwischen den Kanälen verursacht werden, nach der Frequenz aufgelistet.

Frequenz	Phasenfehler in Grad
160 MHz	28,8°
100 MHz	18,0°
10 MHz	1,8°
1 MHz	0,18°
100 kHz	0,018°
10 kHz und niedriger	0,002°

Der Triggerpegel-Timing-Fehler hängt von folgenden Faktoren ab:

- Der tatsächliche Triggerpunkt ist aufgrund von Triggerpegel-DAC-Ungenauigkeiten und dem Komperator-Offset-Fehler nicht exakt null.
- Die beiden Signale haben unterschiedliche Slew-Raten beim Nulldurchgang.

Jedes Gerät verfügt über eine Eingangshysterese. Dadurch wird verhindert, dass durch Rauschen eine fehlerhafte Triggerung verursacht wird. Die Breite des Hysteresebands bestimmt die maximale Empfindlichkeit des Geräts. Diese liegt bei etwa 30 mV. Wenn Sie also einen Triggerpegel von 0 V einstellen, liegt der eigentliche Triggerpegel normalerweise bei +15 mV und der Rückgewinnungspunkt bei -15 mV. Diese Art von Timing-Fehler wird mithilfe der Hysteresekompensation ausgeglichen.

Hysteresekompensation bedeutet, dass der Mikrocomputer den Triggerpegel so verschieben kann, dass die eigentliche Triggerung (nach dem Offset) den eingestellten Triggerpegel (vor dem Offset) ausgleicht. Diese allgemeine Hysteresekompensation ist bei Messungen der Phase, des Zeitintervalls und der Anstiegs-/Abfallzeit aktiv. Es gibt eine bestimmte Restungenauigkeit von einigen mV und eine bestimmte, temperaturabhängige Drift des Triggerpunkts.

Der nominale Triggerpunkt liegt bei 0 V mit einer Ungenauigkeit von ± 10 mV.

Ein wie folgt ausgedrücktes Sinussignal

$$V(t) = V_p \times \sin(2\pi ft)$$

verfügt über eine Slew-Rate $\frac{\Delta V}{\Delta t}$ von $V_p \times 2\pi f$ nahe am Nulldurchgang. Dies führt zum systematischen Zeitfehler beim Durchgang bei 10 mV anstatt bei 0 mV.

$$\frac{10 \text{ mV}}{(V_p \times 2\pi \times \text{FREQ})}$$

Der entsprechende Phasenfehler in Grad ist in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt:

Frequenz	Phasenfehler in Grad
160 MHz	28,8°
100 MHz	18,0°
10 MHz	1,8°

Frequenz	Phasenfehler in Grad
1 MHz	0,18°
100 kHz	0,018°
10 kHz und niedriger	0,002°

$$\frac{10 \text{ mV} \times 360^\circ \times \text{FREQ}}{V_p \times 2\pi \times \text{FREQ}}$$

Dies kann wie folgt zusammengefasst werden:

$$\frac{0.6}{V_p} \text{ (in}^\circ \text{)}$$

Dieser Fehler kann an beiden Eingängen auftreten, damit beträgt der maximale systematische Fehler:

$$\frac{0.6}{V_p(A)} + \frac{0.6}{V_p(B)} \text{ (in}^\circ \text{)}$$

Kompensationsmethoden. Die oben erläuterten Berechnungen zeigen die typischen Ungenauigkeiten der Bestandteile, die schließlich zum gesamten Phasenfehler führen. Bei bestimmten Eingangssignalen lassen sich diese Fehler mehr oder weniger vollständig durch Kalibrierungsmessungen kompensieren. Abhängig vom zulässigen Restfehler können Sie eine der nachfolgend beschriebenen Methoden verwenden. Die erste Methode ist sehr einfach, berücksichtigt jedoch die unterschiedlichen Ausbreitungszeitverzögerung zwischen den Kanälen nicht. Die zweite Methode umfasst alle systematischen Fehler, wenn sie sorgfältig durchgeführt wird, ist jedoch häufig nicht praktikabel.

Kalibrierungsmessung, Methode 1.

1. Speisen Sie die Testsignale in die Eingänge A und B ein.
2. Wählen Sie die Funktion **Phase A rel. A** aus, um den Anfangsfehler zu ermitteln.
3. Verwenden Sie das Menü **Math/Limit** (Math./Grenzwert), um diesen Wert als Konstante **L** in die Formel $K \cdot X + L$ durch Drücken von X_0 einzugeben, und ändern Sie das Vorzeichen.
4. Das aktuelle Messergebnis (X_0) wird von den zukünftigen Messwerten abgezogen, indem Sie **Phase A rel. B** auswählen. Ein erheblicher Teil der systematischen Phasenfehler ist damit ausgeglichen. Beachten Sie, dass diese Kalibrierung wiederholt werden muss, wenn sich Frequenz oder Amplitude ändern.

Kalibrierungsmessung, Methode 2.

1. Speisen Sie eines der zu messenden Signale an die beiden Eingänge A und B an, und verwenden Sie dazu, je nach Impedanz der Signalquelle, einen 50-Ω-Leistungsteiler oder ein BNC-T-Stück. Vergewissern Sie sich, dass die Leitungslängen zwischen dem Leistungsteiler/T-Stück und den Geräteeingängen identisch sind.
2. Wählen Sie die Funktion **Phase A rel. B** aus, und lesen Sie das Ergebnis ab.
3. Geben Sie diesen Wert, wie für Methode 1 beschrieben, als Korrekturfaktor ein.
4. Halten Sie die Amplitude des Eingangssignals konstant, um die Abweichung zwischen Kalibrierung und Messung so gering wie möglich zu halten, um die Fehler zu minimieren.
5. Hinsichtlich Frequenz und Amplitude gelten für diese Methode dieselben Einschränkungen wie für Methode 1. Sobald sich Frequenz oder Amplitude ändern, müssen Sie eine erneute Kalibrierung durchführen.

Die üblichen Einstellungen für die Signaleingänge lauten:

Slope (Flanke)	Pos. oder Neg.
Coupling (Kopplung)	AC
Impedance (Impedance)	1 MΩ oder 50 Ω, je nach Signalquelle und Frequenz
Trigger	Manuell
Trigger Level (Triggerpegel)	0 V
Filter	Aus

Verbleibender systematischer Fehler. Durch mathematische Korrekturen (am Labortisch oder am Controller) gemäß einer der oben erwähnten Methoden wird der systematische Fehler verringert, jedoch nicht vollständig beseitigt. Der verbleibende Zeitverzögerungsfehler ist höchstwahrscheinlich vernachlässigbar. Ein Triggerpegelfehler bleibt jedoch immer in einem gewissen Umfang bestehen, besonders wenn die Umgebungstemperatur nicht konstant ist.

Summe (nur Serie FCA3100)

Menüpfad: **Meas** > **Totalize** (Messen > Summe)

Die Funktion **Totalize** (Summe) addiert die Anzahl der Triggerereignisse an den zwei Geräteeingängen A und B. Es stehen fünf Summenfunktionen zur Verfügung.

Zusätzlich zur manuellen Steuerung des Gates durch die Funktion **Hold/Run** (Halten/Starten) (manuelle Summenfunktion) können Sie das Gate auch mithilfe der Aktivierungsfunktionen unter **Settings** (Einstellungen) öffnen und schließen. Die verschiedenen Funktionen werden nachfolgend beschrieben.

Diese Anzeige wird kontinuierlich aktualisiert, während das Gate geöffnet ist. Ereignisse werden während aufeinanderfolgenden, geöffneten Perioden zusammengefasst, bis Sie die auf **Restart** (Neu starten) drücken.

HINWEIS. Die manuelle Summenfunktion kann nicht in Verbindung mit statistischen Funktionen oder Parametern wie der Block- und Schrittsteuerung verwendet werden.

Die automatische Triggerung erfolgt mit der Summenfunktion nicht auf die normale Weise. Vor dem Start einer Summenmessung wird die Aktion „Auto Once“ (Einmal Auto) durchgeführt, um einmal die geeigneten Triggerpegel zu berechnen und einzustellen.

Totalize A (Summe A) Mit dieser Messung können Sie die Anzahl der Triggerereignisse an Eingang A addieren. Zusätzlich berechnete Parameter sind **A-B** und **A/B**. Start/Stop wird manuell durch Betätigen der Taste **Hold/Run**, (Halten/Starten) gesteuert, und die Zählregister werden durch Drücken der Taste **Restart** (Neu starten) zurückgesetzt.

Totalize B (Summe B) Mit dieser Messung können Sie die Anzahl der Triggerereignisse an Eingang B addieren. Zusätzlich berechnete Parameter sind **A-B** und **A/B**. Start/Stop wird manuell durch Betätigen der Taste **Hold/Run**, (Halten/Starten) gesteuert, und die Zählregister werden durch Drücken der Taste **Restart** (Neu starten) zurückgesetzt.

Totalize A+B (Summe A+B) Mit dieser Messung können Sie die Summe der Triggerereignisse an Eingang A und Eingang B berechnen. Zusätzliche Parameter sind **A** und **B**. Start/Stop wird manuell durch Betätigen der Taste **Hold/Run**, (Halten/Starten) gesteuert, und die Zählregister werden durch Drücken der Taste **Restart** (Neu starten) zurückgesetzt.

Totalize A-B (Summe A-B) Mit dieser Messung können Sie die Differenz zwischen den Triggerereignissen an Eingang A und Eingang B berechnen. Zusätzliche Parameter sind **A** und **B**. Start/Stop wird manuell durch Betätigen der Taste **Hold/Run**, (Halten/Starten) gesteuert, und die Zählregister werden durch Drücken der Taste **Restart** (Neu starten) zurückgesetzt.

Die Funktion **TOT A-B MAN** ermöglicht beispielsweise die Durchführung einer Differenzflussmessung in Steuerungssystemen.

Beispiel: Die Anzahl der Pkws auf einer Parkfläche entspricht der Anzahl der Pkws, die die Einfahrt (A) passiert haben, abzüglich der Pkws, die die Ausfahrt (B) passiert haben.

Totalize A/B (Summe A/B) Mit dieser Messung können Sie das Verhältnis der Triggerereignisse an Eingang A und Eingang B berechnen. Zusätzliche Parameter sind **A** und **B**. Start/Stop wird manuell durch Betätigen der Taste **Hold/Run**, (Halten/Starten) gesteuert, und die Zählregister werden durch Drücken der Taste **Restart** (Neu starten) zurückgesetzt.

Totalize (Summe) und Arming (Aktivierung) Durch Verwenden der Funktion **Arming** (Aktivierung) zusammen mit der Funktion **Totalize** (Summe) können Sie das Gate mit einem an einen der Kanäle **A**, **B** oder **E** angelegten, externen Signal das Gate öffnen und schließen. Auf diese Weise können Sie auf Funktionen wie **TOT A Start/Stop by B** (TOT A Start/Stop nach B), **TOT A-B Gated by E** (TOT A Start/Stop nach E) und **TOT B Timed by A** (TOT A Start/Stop nach A) zugreifen, indem Sie Kanal, Flanke und Verzögerungszeit für Start/Stop auswählen.

Im Gegensatz zur manuellen Funktion **Totalize** (Summe) ermöglichen die aktivierten Summenfunktionen die Verwendung der Block- und Schrittsteuerung. Das heißt, dass alle Funktionen zu *Statistics* (Statistik) verfügbar sind. Nach jeder Stoppbedingung wird ein neues Ergebnis angezeigt.

HINWEIS. Wenn Sie die Startaktivierung einstellen, müssen Sie auch eine Stoppaktivierungsbedingung an den Eingängen A, B und E oder für „Time“ (Zeit) eingeben.

Beispiele. Die Aktivierungsparameter befinden sich im Menü **Settings > Arm** (Einstellungen > Aktivierung).

Um Einstellungen zu oben aufgeführten Funktionen zu **Totalize** (Summe) vorzunehmen, gehen Sie wie folgt vor:

Totalize A (Summe A), Start/Stop by B (Start/Stop nach B).

1. Wählen Sie im Menü **Meas** (Messen) die Funktion **Totalize** (Summe) und anschließend **A** aus.
2. Speisen Sie das zu messende Signal in Eingang A ein.
3. Stellen Sie den Triggerpegel für Eingang A manuell auf einen geeigneten Wert ein.
4. Speisen Sie das Steuersignal in Eingang B ein.

5. Stellen Sie den Triggerpegel für Eingang B manuell auf einen geeigneten Wert ein.
6. Wählen Sie **Settings > Arm** (Einstellungen > Aktivierung) aus, und stellen Sie folgende Parameter ein:
 - *Arm on Sample/Block* (Aktivierung bei Abtastung/Block): Legen Sie fest, ob die Aktivierung auf jedes Ereignis oder jeden Ereignisblock (Analysemodus) erfolgen soll.
 - *Start Channel* (Startkanal): Wählen Sie B aus.
 - *Start Slope* (Startflanke): Wählen Sie die positive Flanke (gekennzeichnet durch das Symbol einer ansteigenden Flanke) aus.
 - *Start Delay* (Startverzögerung): Legen Sie fest, ob Sie eine Verzögerung (10 ns – 2 s) zwischen das Steuersignal und das Öffnen des Gates einfügen möchten.
 - *Stop Delay* (Stoppverzögerung): Legen Sie fest, ob Sie eine Verzögerung (10 ns – 2 s) einfügen möchten, während der das Gate nicht auf das Steuersignal am Stoppkanal reagiert. Hauptsächlich soll damit verhindert werden, dass das Gate vorzeitig durch das Prellen der Relaiskontakte geschlossen wird.
 - *Stop Channel* (Stoppkanal): Wählen Sie B aus.
 - *Stop Slope* (Stoppflanke): Wählen Sie die positive Flanke (gekennzeichnet durch das Symbol einer ansteigenden Flanke) aus.

Summe A-B mit Gatesteuerung über E.

1. Wählen Sie **Meas > Totalize > A-B** (Messen > Summe > A-B) aus.
2. Speisen Sie die zu messenden Signale in die Eingänge A und B ein.
3. Stellen Sie die Triggerpegel für die Eingänge A und B manuell auf geeignete Werte ein.
4. Speisen Sie das Steuersignal (TTL-Pegel) in Eingang E ein.
5. Wählen Sie **Settings > Arm** (Einstellungen > Aktivierung) aus, und stellen Sie folgende Parameter ein:
 - *Arm on Sample/Block* (Aktivierung bei Abtastung/Block): Legen Sie fest, ob die Aktivierung auf jedes Ereignis oder jeden Ereignisblock (Statistikmodus) erfolgen soll.
 - *Start Channel* (Startkanal): Wählen Sie E aus.
 - *Start Slope* (Startflanke): Wählen Sie die positive Flanke (gekennzeichnet durch das Symbol einer ansteigenden Flanke) aus.

- *Start Delay* (Startverzögerung): Legen Sie fest, ob Sie eine Verzögerung (10 ns – 2 s) zwischen das Steuersignal und das Öffnen des Gates einfügen möchten.
- *Stop Delay* (Stoppverzögerung): Legen Sie fest, ob Sie eine Verzögerung (10 ns – 2 s) einfügen möchten, während der das Gate nicht auf das Steuersignal am Stoppkanal reagiert. Hauptsächlich soll damit verhindert werden, dass das Gate vorzeitig durch das Prellen der Relaiskontakte geschlossen wird.
- *Stop Channel* (Stoppkanal): Wählen Sie **E** aus.
- *Stop Slope* (Stoppflanke): Wählen Sie die negative Flanke (gekennzeichnet durch das Symbol einer abfallenden Flanke) aus.

Summe B mit Zeitsteuerung über A. Mit dieser Funktion können Sie den Start einer exakten Gatezeit mit einem externen Ereignis synchronisieren.

1. Wählen Sie **Meas > Totalize > B** (Messen > Summe > B) aus.
2. Speisen Sie das zu messende Signal in Eingang B ein.
3. Stellen Sie den Triggerpegel für Eingang B manuell auf einen geeigneten Wert ein.
4. Speisen Sie das Steuersignal in Eingang A ein.
5. Stellen Sie den Triggerpegel für Eingang A manuell auf einen geeigneten Wert ein.
6. Wählen Sie **Settings > Arm** (Einstellungen > Aktivierung) aus, und stellen Sie folgende Parameter ein:
 - *Arm on Sample/Block* (Aktivierung bei Abtastung/Block) Legen Sie fest, ob die Aktivierung auf jedes Ereignis oder jeden Ereignisblock (Statistikmodus) erfolgen soll.
 - *Start Channel* (Startkanal): Wählen Sie **A** aus.
 - *Start Slope* (Startflanke): Wählen Sie die positive Flanke (gekennzeichnet durch das Symbol einer ansteigenden Flanke) aus.
 - *Start Delay* (Startverzögerung): Legen Sie fest, ob Sie eine Verzögerung (10 ns – 2 s) zwischen das Steuersignal und das Öffnen des Gates einfügen möchten.
 - *Stop Delay* (Stoppverzögerung): Stellen Sie eine Messdauer zwischen 10 ns und 2 s ein.
 - *Stop Channel* (Stoppkanal): Wählen Sie **Time** (Zeit) aus.

Spannungsmessungen

V_{MAX} , V_{MIN} und V_{PP}

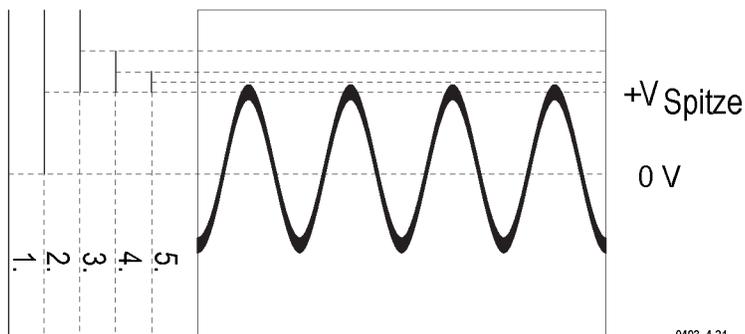
Mit dem Gerät können Sie die Eingangsspannungspiegel V_{MAX} , V_{MIN} und V_{PP} bei DC-Eingangssignalen (von -50 V bis $+50\text{ V}$ in zwei automatisch gewählten Bereichen) und bei sich wiederholenden Signalen zwischen 1 Hz und 300 MHz messen. Die Messgenauigkeit beträgt ca. 1% des Ablesewerts.

Wählen Sie **Meas > Volt** (Messen > Spannung) aus, um das Menü für Spannungsmessungen aufzurufen.

Der standardmäßige untere Frequenzgrenzwert liegt bei 20 Hz , kann jedoch über das Menü **Settings > Misc** (Einstellungen > Versch.) auf einen Wert zwischen 1 Hz und 50 kHz eingestellt werden. Eine höherer unterer Frequenzgrenzwert bedeutet schnellere Messungen.

Wenn Sie eine Spannungsmessung ausgewählt haben, wird das Messergebnis in großen Zahlen und mit maximaler Auflösung angezeigt. Weitere Messungen werden entlang des unteren Bereichs des Displays mit kleineren Zahlen angezeigt.

Spannungsmessungen erfolgen anhand einer Reihe von Triggerpegelinstellungen und indem erfasst wird, wann das Gerät triggert.



V_{RMS}

Ist die Signalform (Sinus, Dreieck oder Rechteck) des Eingangssignals bekannt, kann der Spitzenfaktor, definiert als Quotient (Q_{CF}) der Spitzen- (V_p) und Effektivwerte (V_{rms}), zum Bestimmen der Konstante K in der mathematischen Funktion $K \cdot X + L$ verwendet werden. Auf dem Display wird der tatsächliche Wert V_{rms} des Eingangssignals angezeigt, vorausgesetzt, dass es sich bei V_{pp} um den Hauptparameter handelt.

$$V_{rms} = \frac{1}{2Q_{cf}} V_{pp}$$

Wenn eine Sinuswelle beispielsweise über einen Spitzenfaktor von 1,414 ($\sqrt{2}$) verfügt, so lautet der Wert für die Konstante in der oben aufgeführten Formel 0,354. Stellen Sie dies wie folgt ein:

1. Wählen Sie **Math/Limit** > **Math** > **Math(Off)** > **K*X+L** (Math./Grenzwert > Math. > Math. (Aus) > K*X+L) aus.
2. Wählen Sie **K** aus, und geben Sie **0,354** ein.
3. Prüfen Sie, ob die Konstante **L** auf den Standardwert **0** (null) eingestellt ist.
4. Bestätigen Sie Ihre Auswahl mit den Menü-Softkey-Tasten unterhalb des Displays und beenden Sie die Menüs.

Ist der Eingang AC-gekoppelt und V_{pp} ausgewählt, wird auf dem Display der Effektivwert jedes beliebigen sinusförmigen Eingangssignals angezeigt.

Ist eine Gleichspannung mit dem Sinussignal überlagert, wird der Effektivwert wie folgt ermittelt:

$$0,354 * V_{pp} + V_{DC}$$

Ist die V_{DC} nicht bekannt, so kann sie wie folgt ermittelt werden:

$$V_{rms} = \frac{V_{MAX} - V_{MIN}}{2}$$

Um den Effektivwert eines Sinussignals anzuzeigen, das auf eine Gleichspannung überlagert ist, verfahren Sie wie im Beispiel oben beschrieben, aber stellen Sie $L = V_{DC}$ ein.

Math. und statistische Messungen

Das Gerät verfügt über Mittelwert-, Mathematik- und statistische Nachbearbeitungsfunktionen. Sie können diese Funktionen separat verwenden oder sie kombinieren.

Mittelwertbildung

Bei den Messungen **Frequency** (Frequenz) und **Period Average** (Periodenmittelwert) wird der Mittelwert der Messung Hardware-basiert ermittelt (zählen von Taktimpulsen während mehrerer Eingangssignalzyklen). Bei allen anderen Messungen erfolgt die Berechnung des Mittelwerts der Messung Software-basiert. Verwenden Sie für die Anzeige von Mittelwerten, außer für die Funktionen Frequenz- und Periodenmittelwert, den Modus für statistische numerische Messungen.

Wählen Sie **Settings > Meas Time** (Einstellungen > Messdauer) aus, um die Messdauer (Bereich von 20 ns bis 1000 s, 20 ns Auflösung und 200 ms Standardwert) einzustellen. Durch das Erhöhen der Messdauer werden mehr Stellen angezeigt (höhere Auflösung), jedoch erfolgen weniger Messungen pro Sekunde. Die Funktion „Meas Time“ (Messdauer) kann nur bei den Messungen **Frequency** (Frequenz) und **Period Average** (Periodenmittelwert) verwendet werden.

Ist die Standard-Messdauer eingestellt, werden 11 Stellen auf dem Display angezeigt, und es erfolgen fünf Messungen pro Sekunde.

HINWEIS. Geben Sie „0“ (null) ein, um schnell die kürzeste Messdauer einzustellen (20 ns). Das Gerät wählt die 20 ns automatisch aus.

Mathematik

Das Gerät verfügt über fünf vordefinierte mathematische Ausdrücke, mit denen die Messergebnisse verarbeitet werden, bevor die Werte auf dem Bildschirm angezeigt werden. Die verfügbaren mathematischen Ausdrücke sind:

- $K * X + L$
- $K / X + L$
- $(K * X + L) / M$
- $(K / X + L) / M$
- $X / M - 1$

Diese Ausdrücke befinden sich im Untermenü **Math/Limit > Math** (Math./Grenzwert > Math).

X ist ein Platzhalter für das Messergebnis. Die Standardwerte von K, L und M sind so ausgewählt, dass sich die Aktivierung von **Math** nicht direkt auf das Messergebnis auswirkt. Durch Abrufen der werkseitigen Standardeinstellungen können diese Werte ebenfalls wiederhergestellt werden.

Um beispielsweise die Abweichung von einer bestimmten Anfangsfrequenz (anstatt die Frequenz selbst) zu messen, gehen Sie wie folgt vor:

1. Rufen Sie die Standardeinstellungen ab, indem Sie **User Opt > Save/Recall > Recall Setup > Default** (Benutzeropt. > Speichern/Abrufen > Setup abrufen > Standard) auswählen.
2. Speisen Sie das zu messende Signal in **Eingang A** ein.
3. Drücken Sie **Auto Set** (Autom. Einstellung), um das Gerät die optimalen Triggerbedingungen selbst finden zu lassen.
4. Wählen Sie **Math/Limit > Math > L** (Math./Grenzwert > Math > L) aus.
5. Es gibt zwei Möglichkeiten den Wert für L einzustellen:
 - Eignet sich der aktuelle Messwert für Ihre Zwecke, drücken Sie **X₀**, um den Wert zur Konstanten L zu übertragen. Sie können wiederholt auf **X₀** drücken, bis Sie den gewünschten Wert eingestellt haben.
 - Geben Sie manuell einen Wert über das Tastenfeld ein.
6. Wählen Sie **Save|Exit** (Speichern/Beenden) aus, um den Wert zu bestätigen und zu speichern.
7. Drücken Sie **Math**, und wählen Sie den Ausdruck **K*X+L** aus. Auf dem Display wird die Abweichung von dem von Ihnen eingegebenen Wert angezeigt.

Verwenden Sie die Konstante **K**, um das Messergebnis zu skalieren.

Verwenden Sie den Ausdruck **X/M-1**, wenn Sie das Ergebnis als relative Abweichung anzeigen möchten.

Statistik

Die statistische Funktion kann auf alle Messungen und auch auf die Ergebnisse mathematischer Bearbeitung angewendet werden. Durch drücken der Taste „Analyze“ (Analyse) können Sie zwischen den statistischen Ablesewerten wechseln.

Die verfügbaren statistischen Ablesewerte sind:

- **Max:** Zeigt den Maximalwert innerhalb eines abgetasteten Bereichs von N x_i Werten an.
- **Min:** Zeigt den Minimalwert innerhalb eines abgetasteten Bereichs von N x_i Werten an.

- SS: Zeigt die Spitze-Spitze-Abweichung eines abgetasteten Bereichs von N x_i Werten an.
- MEAN (MITTEL) (als Teil des Hauptablesewerts): Zeigt den arithmetischen Mittelwert (\bar{x}) eines abgetasteten Bereichs von N x_i Werten an und wird wie folgt berechnet:

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i$$

- Std: Zeigt die Standardabweichung (s) eines abgetasteten Bereichs von N Werten an und wird wie folgt berechnet. Der Wert ist als Quadratwurzel der Varianz definiert.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

- Adev: Zeigt die Allan-Abweichung (σ) eines abgetasteten Bereichs von N Werten an und wird wie folgt berechnet. Der Wert ist als Quadratwurzel der Allan-Varianz definiert.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N-1} (X_{i+1} - X_i)^2}{2(N - 1)}}$$

Die Variable N in den statistischen Ausdrücken entspricht der Anzahl der Abtastungen und ist ein ganzzahliger Wert zwischen 2 und $2 \cdot 10^9$.

Allan-Abweichung in Abhängigkeit der Standardabweichung

Die Allan-Abweichung ist ein statistischer Wert zur Charakterisierung von kurzzeitigen Instabilitäten (häufig durch Jitter und Schwankungen verursacht) durch Abtastungen (Messungen) in kurzen Intervallen. Ziel ist die Beseitigung von langfristiger Drift aufgrund von Alterung, Temperatur oder Verschiebungen mithilfe von aufeinanderfolgendem Vergleichen nebeneinanderliegender Abtastungen.

Die Standardabweichung, bei der es sich vermutlich um eine geläufigere Statistik handelt, berücksichtigt die Auswirkungen aller Arten von Abweichungen, da alle Abtastungen innerhalb des Bereichs mit dem Gesamtmittelwert verglichen werden.

Allan- und Standardabweichung werden in derselben Einheit angegeben wie die Hauptmessung, z. B. in Hertz oder Sekunden.

Einstellen der Abtastparameter

1. Wählen Sie **Settings > Stat** (Einstellungen > Stat) aus.
2. Drücken Sie **No. of samples** (Anzahl der Abtastungen), und geben Sie einen Wert ein, indem Sie die Nummerntasten oder die Pfeiltasten **nach oben/nach unten** verwenden. Drücken Sie **Save/Exit** (Speichern/Beenden), um den Wert zu speichern.

3. Drücken Sie **No. of Bins** (Anzahl der Intervallbereiche), und geben Sie einen Wert ein, um eine Histogramm-Anzeige zu erhalten. Drücken Sie **Save/Exit** (Speichern/Beenden), um den Wert zu speichern.
4. Drücken Sie **Pacing time** (Schrittsteuerungszeit), und geben Sie einen Wert ein (Bereich zwischen 2 μ s und 500 s, Standardwert ist 20 ms). Der Schrittsteuerungsparameter legt das Abtastintervall fest.
5. Aktivieren Sie die eingestellte Schrittsteuerungszeit, indem Sie auf **Pacing Off** (Schrittsteuerung aus) drücken, um die Option auf **Pacing On** (Schrittsteuerung ein) umzuschalten. Der Status *Pacing Off* (Schrittsteuerung aus) bedeutet, dass die festgelegte Anzahl an Abtastungen mit minimaler Verzögerung ausgeführt wird.
6. Drücken Sie **Hold/Run** (Halten/Starten), um den Messvorgang zu stoppen.
7. Drücken Sie **Restart** (Neu starten), um eine Datenerfassung zu starten.
8. Drücken Sie wiederholt **Analyze** (Analyse), um das Messergebnis in allen verschiedenen statistischen Darstellungsmodi anzuzeigen.

HINWEIS. Das Gerät aktualisiert den Bildschirm mit Zwischenergebnissen, bis die vollständige Datenerfassung erfolgt ist.

Statistik und Messgeschwindigkeit

Wenn Sie Statistiken verwenden, müssen darauf achten, dass die Messung nicht zu lange dauert. Eine Messung, die auf 1.000 Abtastungen basiert, liefert kein vollständiges statistisches Ergebnis, bis alle 1.000 Messungen erfolgt sind. Es kann lange dauern, bis ein statistisches Messergebnis angezeigt wird, wenn die Geräteeinstellung nicht optimal ist.

Hier finden Sie einige Tipps, mit denen Sie die statistische Messung beschleunigen können:

- Verwenden Sie nicht die automatische Triggerung. Im automatischen Triggermodus berechnet das Gerät die Triggerpegel vor jeder Messung. Bestimmen Sie einen geeigneten Triggerpegel, und stellen Sie diesen manuell ein.
- Verwenden Sie keine längere Messdauer als für die benötigte Auflösung erforderlich.
- Verwenden Sie eine kurze Schrittsteuerungszeit (Messintervall), wenn Ihre Anwendung keine Datengewinnung über einen langen Zeitraum erfordert.

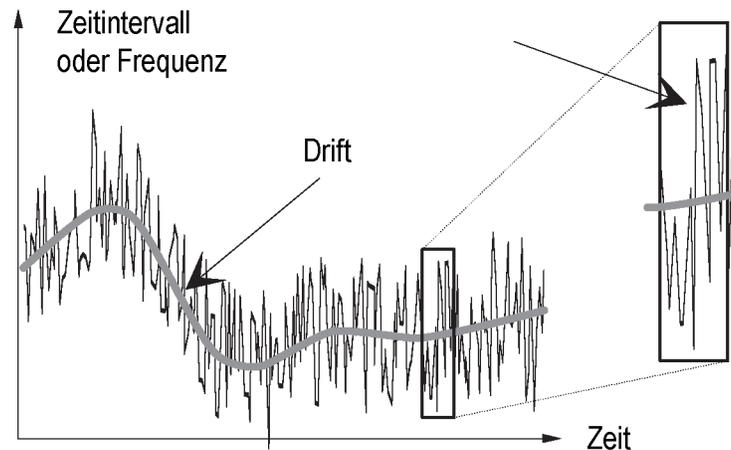
HINWEIS. Das Gerät zeigt im Verlauf der Messung Zwischenergebnisse an.

Bestimmen von längeren oder kurzzeitigen Instabilitäten

Beim Durchführen von statistischen Messungen müssen Sie die Messdauer entsprechend dem Ziel Ihrer Messung auswählen. Jitter oder zyklische sehr kurzzeitige Schwankungen erfordern die Abtastung in Form einzelner Messungen.

Beim Bestimmen von Mittelwerten (Frequenz oder Periodenmittelwert) sind die für die statistischen Berechnungen verwendeten Abtastungen bereits gemittelt, außer die eingestellte Messdauer ist kürzer als die Periodendauer des Eingangssignals (bis zu 160 MHz). Oberhalb dieser Frequenz erfolgt eine Vorteilung um den Faktor 2 und damit auch eine gewisse Mittelung. Dies kann beim Messen von mittleren und längeren Instabilitäten von Vorteil sein. Dabei übernimmt die Mittelung eine Glättungsfunktion und beseitigt den Effekt von Jittern.

Das Signal in der nachfolgenden Abbildung enthält eine langsame Signalschwankung und Jitter. Beim Messen von Jittern darf nur eine begrenzte Anzahl an Abtastungen verwendet werden, sodass die langsame Schwankung sich nicht erheblich auf die Messung auswirkt. Alternativ können Sie die statistische Messung der Allan-Abweichung für diese Art der Messung verwenden.



0493_6-1

Um die langsamere Schwankung zu messen, berechnen Sie die Max-, Min- oder Mittelwerte anhand einer Vielzahl von gemittelten Abtastungen. Die Mittelung beseitigt die Jitter in allen Abtastungen, und die lange Messdauer und große Anzahl der Abtastungen bedeutet, dass die Messung sehr langsame Schwankungen aufzeichnen kann. Die maximale Schrittsteuerungszeit beträgt 500 s, die maximale Messdauer für alle Abtastungen beträgt 1000 s und die maximale Anzahl der Abtastungen beträgt $2 \cdot 10^9$.

Statistik und Mathematik

Mit dem Gerät können Sie mathematische Operationen an dem gemessenen Wert durchführen, bevor dieser an den Bildschirm oder den Bus ausgegeben wird. Alle systematischen Messungenauigkeiten für die festgelegten Messeinstellungen können ermittelt werden, und die Korrekturkonstanten können in die entsprechende Math.-Operation eingegeben werden. Die Statistikfunktion wird dann auf den korrigierten Messwert angewendet.

Konfidenzgrenzen

Sie können Ergebnisse für die Standardabweichung zum Berechnen der Konfidenzgrößen einer Messung verwenden.

$$\text{Konfidenzgrößen} = \pm k s_x$$

Dabei gilt:

s_x = Standardabweichung

$k = 1$ für einen Konfidenzpegel von 68,3 % (1σ – Grenzwerte)

$k = 2$ für einen Konfidenzpegel von 95,5 % (2σ – Grenzwerte)

$k = 3$ für einen Konfidenzpegel von 99,7 % (3σ – Grenzwerte)

Beispiel für die Berechnung von Konfidenzgrenzen. Im folgenden Beispiel werden die Konfidenzgrenzen einer 100- μs -Zeitintervallmessung berechnet. Verwenden Sie den numerischen Statistikmodus, um den Mittelwert und die Standardabweichung des Zeitintervalls anzuzeigen. Verwenden Sie genügend Abtastungen, um einen stabilen Ablesewert zu erhalten. Gehen Sie dabei davon aus, dass die Übergänge der Start- und Stopptrigger schnell sind und nicht zu den Messungenauigkeiten beitragen.

Das Gerät zeigt einen Mittelwert = 100,020 μs und eine Standardabweichung = 50 ns an.

Daher gilt: 95,5-%-Konfidenzgrenzen = $\pm 2 s_x$ (= $\pm 2 * 50 \text{ ns}$) = $\pm 100 \text{ ns}$.

Für die 3σ -Grenze gilt: $\pm 3 * 50 \text{ ns} = \pm 150 \text{ ns}$

Jitter-Messungen

Die Statistikfunktionen sind eine einfache Methode zum Bestimmen der kurzfristigen Timing-Instabilität (Jitter) von Pulssignalen. Der Jitter wird normalerweise als Effektivwert festgelegt, was der auf Einzelmessungen basierenden Standardabweichung entspricht. Das Gerät kann den Effektivwert-Jitter direkt messen und anzeigen.

Im Übrigen kann auch die Standardabweichung von Mittelwerten gemessen werden. Der Effektivwert ist ein geeigneter Messwert zur Quantifizierung des Jitters. Er liefert jedoch keine Informationen zu Verteilung der Messwerte.

Um ein Design zu verbessern, kann es nötig sein, die Verteilung zu analysieren. Verwenden Sie die statistische Analysefunktion des Geräts, um Trendanalysemessungen durchzuführen. Drücken Sie die Taste **Analyze** (Analyse), um zwischen dem numerischen, grafischen und statistischen Modus umzuschalten.

Sie erreichen eine höhere Flexibilität bei der Analyse, wenn Sie eine Fernsteuerung (GPIB oder USB) und die optionale Anwendungssoftware „TimeView™ Modulation Domain Analysis“ verwenden.

Grenzwertprüfung

Im Grenzwertmodus können Sie mit dem Gerät effizient Alarmbedingungen überwachen (Grenzwertprüfer). Sie können Messergebnisse in Echtzeit überwachen und Alarmaktionen für die Überschreitung von Grenzwertbedingung festlegen. Wählen Sie **Math/Limit > Limits** (Math./Grenzwert > Grenzwerte) aus.

Verwenden Sie die Menüeinträge „Lower Limit“ (Unterer Grenzwert) und „Upper Limit“ (Oberer Grenzwert), um die Pegel für die Grenzwertprüfung festzulegen.

Grenzwertverhalten

Drücken Sie **Limit Behavior** (Grenzwertverhalten), um festzulegen, wie das Gerät auf Grenzwertüberschreitungen reagieren soll. Die verfügbaren Grenzwertverhalten sind:

- **Off** (Aus): Keine Aktion. Das **LIM**-Symbol wird nicht angezeigt.
- **Capture** (Erfassung): Die Grenzwertüberschreitende Messung wird erfasst, und das **LIM**-Symbol blinkt. Es erfolgen weiterhin Messungen. In den statistischen Darstellungen sind nur Abtastungen aufgeführt, die den Prüfkriterien entsprechen.
- **Alarm**: Das **LIM**-Symbol blinkt, und es erfolgen weiterhin Messungen. In den statistischen Darstellungen sind alle Abtastungen aufgeführt, inklusive der, die außerhalb der Grenzwerte liegen.
- **Alarm_stop**: Das **LIM**-Symbol blinkt, und es erfolgen keine weiteren Messungen (das Gerät wird in den Modus „Halten“ gesetzt. Das Gerät zeigt die Messung an, die das Triggern des Grenzwertdetektors ausgelöst hat. In den statistischen Darstellungen sind nur Abtastungen aufgeführt, die vor dem Alarmzustand erfolgt sind.

Die Alarmzustände können auch mit der SRQ-Funktion auf dem GPIB-Bus erkannt werden. Siehe *Programmierhandbuch für die Serien FCA3000, FCA3100 und MCA3000*.

Grenzwertprüfungsmodi

Es gibt drei Grenzwertprüfungsmodi:

- **Above** (Höher): Messwerte über dem eingestellten unteren Grenzwert bestehen die Grenzwertprüfung. Ein blinkendes **LIM**-Symbol auf dem Bildschirm bedeutet, dass der Messwert seit dem Start der Messung mindestens einmal unter dem unteren Grenzwert lag. Drücken Sie **Restart** (Neu starten), um das **LIM**-Symbol zurückzusetzen, dass es nicht mehr blinkt.
- **Below** (Niedriger): Messwerte unter dem eingestellten oberen Grenzwert bestehen die Grenzwertprüfung. Ein blinkendes **LIM**-Symbol auf dem Bildschirm bedeutet, dass der Messwert seit dem Start der Messung

mindestens einmal über dem oberen Grenzwert lag. Drücken Sie **Restart** (Neu starten), um das **LIM**-Symbol zurückzusetzen, dass es nicht mehr blinkt.

- **Range** (Bereich): Messwerte innerhalb der festgelegten Grenzwerte bestehen die Grenzwertprüfung. Ein blinkendes **LIM**-Symbol auf dem Bildschirm bedeutet, dass der Messwert seit dem Start der Messung mindestens einmal unter dem unteren oder über dem oberen Grenzwert lag. Drücken Sie **Restart** (Neu starten), um das **LIM**-Symbol zurückzusetzen, dass es nicht mehr blinkt.

Ist **Range** (Bereich) ausgewählt und der Darstellungsmodus ist **Value** (Wert), wird gleichzeitig mit dem numerischen Wert eine einfache grafische Darstellung in Verbindung mit den Grenzwerten angezeigt.

Der obere Grenzwert (UL) und der untere Grenzwert (LL) sind als vertikale Balken unterhalb der numerischen Hauptanzeige dargestellt, und ihre numerischen Werte werden als kleine Zahlen neben den Balken angezeigt.

Diese Art von Grafik ähnelt einem klassischen analogen Zeigerinstrument, wobei ein angezeigtes lächelndes Emoticon bedeutet, dass die Messwerte innerhalb der festgelegten Grenzwerte liegen. Zeigen die Mundwinkel des Emoticons nach unten, bedeutet das, dass die Messwerte außerhalb der eingestellten Grenzwerte aber immer noch innerhalb des Anzeigebereichs liegen. Messwerte, die außerhalb des Anzeigebereichs liegen, sind mit einem < am rechten Rand bzw. mit einem > am linken Rand des Bildschirms gekennzeichnet.

Die Position des Anzeigebalkens für den Grenzwert ist insofern unveränderlich, dass der Grenzwertbereich das mittlere Drittel der Bildschirmfläche einnimmt. Das bedeutet, dass Auflösung und Skalenlänge durch die eingestellten Grenzwerte festgelegt werden.

Grenzwert- und Analysemodus

Sie können die Grenzwertprüfung auf Trendkurven und Histogramme anwenden (Analysemodi). Der Einsatz von Grenzwerten bei Trendkurven und Histogrammen verhindert die automatische Skalierung und legt indirekt die Skalenlänge und Auflösung der Kurve fest.

Aktivierung

Die Funktion *Arming* (Aktivierung) startet und/oder stoppt die Messwerterfassung, sobald das Gerät eine Änderung an einem festgelegten Eingangssignal erkennt. Die verfügbaren Aktivierungsarten sind „Arm Start“ (Startaktivierung) und „Arm Stop“ (Stoppaktivierung) (im Menü **Settings** > **Arm** (Einstellungen > Aktivierung)).

Die Aktivierungsfunktion ist nützlich für Frequenzmessungen bei komplexeren Signalen wie:

- Einzelschusssignale oder nichtzyklische Signalen
- Impulssignale mit variierenden Impulsbreiten oder Impulspositionen
- Signale mit Frequenzschwankungen in Abhängigkeit der Zeit (Profilbestimmung)
- Ein ausgewählter Bereich eines komplexen, wellenförmigen Signals

Die Aktivierung erfolgt, sobald das Gerät am Aktivierungseingang (Eingang A, Eingang B oder Eingang E) die entsprechende Signalfanke erkennt. Sie können eine Verzögerung zwischen der Erkennung der Startaktivierung und dem tatsächlichen Start der Messung einfügen und eine Bedingung für die Stoppaktivierung einstellen (Flanke und Verzögerungszeit), um die Messdauer zu verlängern.

Richtlinien

- Sie können die Startaktivierung für alle Messungen außer **Frequency Burst** (Frequenz-Burst), **Ratio** (Verhältnis) und **Volt** (Spannung) verwenden. Wenn Sie die Startaktivierung für eine Mittelwertmessung verwenden, erfolgt die Steuerung nur für den Start der ersten Abtastung.
- Sie können die Stoppaktivierung für alle Messungen außer **Frequency Burst** (Frequenz-Burst), **Ratio** (Verhältnis), **Volt** (Spannung) und **Rise/Fall Time** (Anstiegs-/Abfallzeit) verwenden.
- Der Aktivierungsmodus deaktiviert den normalen freilaufenden Modus. Es erfolgt keine Messung, bis das Gerät ein gültiges Startaktivierungssignal erkennt.
- Sie können die Eingänge A, B und E (an der Rückseite) für die Start- oder Stoppaktivierungsquelle verwenden. Der Frequenzbereich für die Eingänge A und B geht bis 160 MHz. Der Frequenzbereich für Eingang E geht bis 80 MHz (TTL-Pegel).
- Aktivierungsmessungen, bei denen Eingang A oder B für das Aktivierungssignal verwendet wird, sind auf Signale bis 160 MHz begrenzt, außer die Aktivierungsbedingung innerhalb des Signals erfolgt bei einer Frequenz unterhalb von 160 MHz.

Start- und Stoppaktivierung

Startaktivierung

Die Startaktivierung funktioniert wie ein externer Trigger an einem Oszilloskop. Dabei wird der Start der Messung mit einem Signalereignis synchronisiert. Sie können mit der Startaktivierung auch eine Verzögerung verwenden, um den Start einer Messung in Bezug auf den Aktivierungsimpuls zu verzögern. Die Startaktivierung kann allein für eine Messung verwendet werden oder, um längere Messungen durchzuführen, mit der Stoppaktivierung kombiniert werden.

Die verfügbaren Parameter für die Startaktivierung sind „Channel“ (Kanal), „Slope“ (Flanke) und „Delay“ (Verzögerung).

Signalquellen, die komplexe Signalformen wie gepulste HF, Impuls-Bursts, TV-Zeilensignale oder Wobbelsignale erzeugen, erzeugen auch häufig ein *Sync*-Signal, das mit dem Start einer Ablenkung, der Länge eines HF-Bursts oder dem Start einer TV-Zeile übereinstimmt. Sie können das Signal nutzen, um das Gerät zu aktivieren.

Synchronisation



Impuls

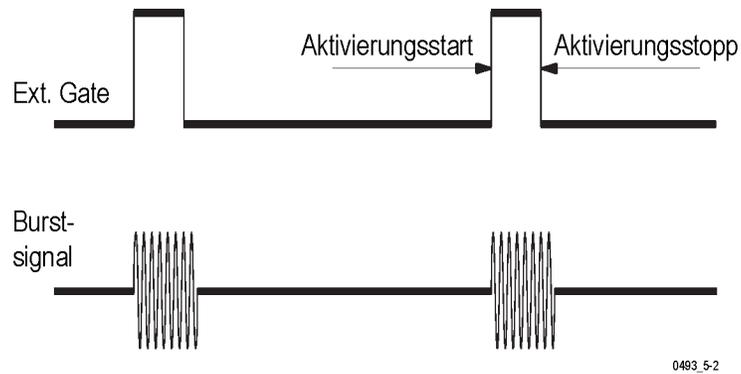


0493_5-1

Sie können eine Verzögerung des Startaktivierungspunkts in Bezug auf das Aktivierungssignal einstellen. Verwenden Sie diese Funktion, wenn das externe Aktivierungssignal nicht mit dem Teil des Signals übereinstimmt, den Sie messen möchten. Der Bereich für die Zeitverzögerung liegt zwischen 20 ns und 2 s mit einer eingestellten Auflösung von 10 ns.

Stoppaktivierung

Die Stoppaktivierung stoppt eine Messung, sobald das Gerät im Aktivierungssignal eine Pegelverschiebung mit der festgelegten Flanke erkennt. Die Kombination von Start- und Stoppaktivierung resultiert in einer Gatefunktion, die die Gesamtmessdauer bestimmt. Verwenden Sie also beispielsweise eine Kombination aus Start- und Stoppaktivierung zur Messung der Frequenz eines gepulsten HF-Signals, bei dem sich die Start-/Stoppbedingungen innerhalb des Bursts befinden.



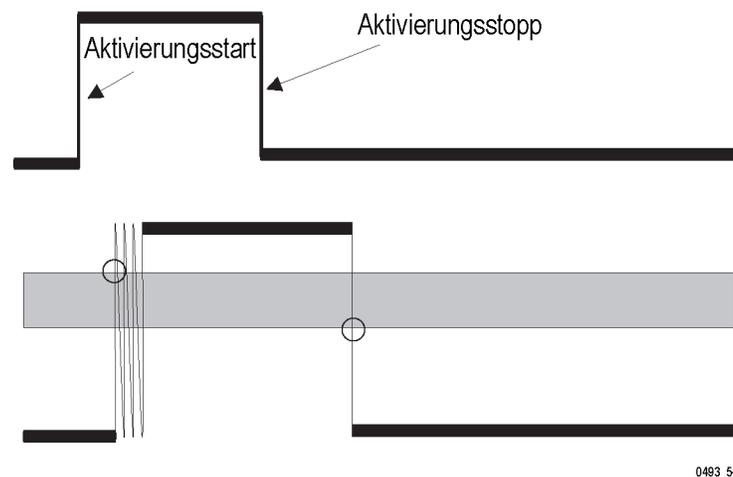
Die verfügbaren Parameter für die Stoppaktivierung sind „Channel“ (Kanal), „Slope“ (Flanke) und „Delay“ (Verzögerung).

HINWEIS. $Arm > Stop\ Delay\ time$ (Aktivierung > Stoppverzögerungszeit) kann nur bei Geräten der Serie FCA3100 zusammen mit der Summenfunktion verwendet werden.

Start-/Stoppaktivierung und Burst-Messungen

Burst-Messungen, die mithilfe der Start-/Stoppaktivierung durchgeführt werden, verwenden den normalen Modus **Frequency** (Frequenz). Burst-Messungen, die nicht mithilfe der Aktivierungsbedingungen durchgeführt werden, erfolgen im selbstsynchronisierenden Modus **Frequency Burst** (Frequenz-Burst), in dem das Gerät eine Synchronisation auf die Impuls-Bursts durchführt.

Bei Zeitintervallmessungen können Sie das Stoppaktivierungssignal als „externes Trigger-Holdoff-Signal“ verwenden. Dabei wird die Stopptriggerung während der externen Periode blockiert.



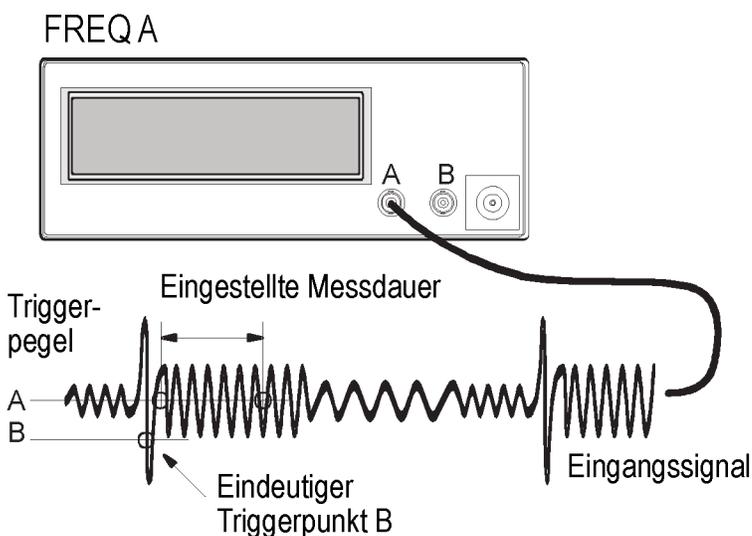
Aktivierungs-Eingangssignale

Eingang E (auf der Rückseite) ist der Standard-Aktivierungseingang. Er eignet sich für Aktivierungssignale (Synchronisation), die über TTL-Pegel verfügen. Der Triggerpegel ist auf 1,4 V festgelegt und kann nicht geändert werden. Die Triggerflanken können positiv oder negativ sein.

Sie können auch die Eingänge A und B als Aktivierungseingänge für alle Ein- und Zweikanalmessungen verwenden (wenn eines der gemessenen Signale das Aktivierungssignal ist). Diese Eingänge sind besser geeignet, wenn Ihr Aktivierungssignal nicht über TTL-Pegel verfügt. Alle Bedienelemente für die Eingänge A und B (AC/DC, Triggerpegel, 50 Ω /1 M Ω usw.) können zur Einstellung des Aktivierungssignals verwendet werden.

Verwenden des zu messenden Signals als Aktivierungssignal

Wenn Sie mithilfe eines eindeutigen Triggerpunkts Zeit- oder Frequenzmessungen an komplexen Signalen durchführen, können Sie das Aktivierungssignal an Eingang B verwenden, um das Gerät automatisch mithilfe des Messsignals zu aktivieren. Im folgenden Beispiel wird das Gerät so eingestellt, dass die Frequenz eines Signals gemessen wird, nachdem das Signal einen festgelegten Spannungspegel erreicht hat:



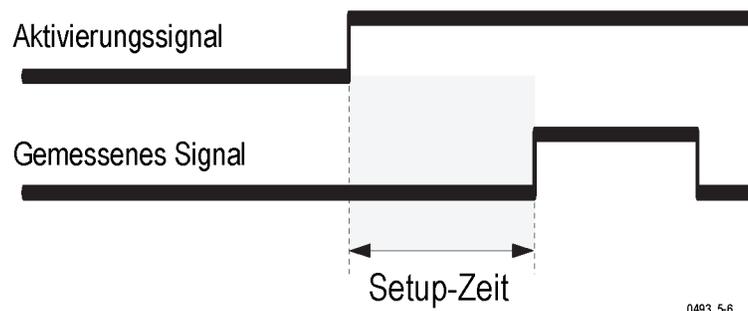
0483_5-4

1. Speisen Sie das Signal in **Input A** (Eingang A) und mit einem Leistungsteiler in **Input B** (Eingang B) ein.
2. Drücken Sie **Input A** (Eingang A), und nehmen Sie die erforderlichen Einstellungen zur Messungen des gewünschten Signalabschnitts vor.
3. Drücken Sie **Input B** (Eingang B), und nehmen Sie die Einstellungen zur Erkennung des eindeutigen Triggerpunkts vor. Verwenden Sie **DC coupling** (DC-Kopplung) und den Triggermodus **Manual** (Manuell), um einen Pegel festzulegen.

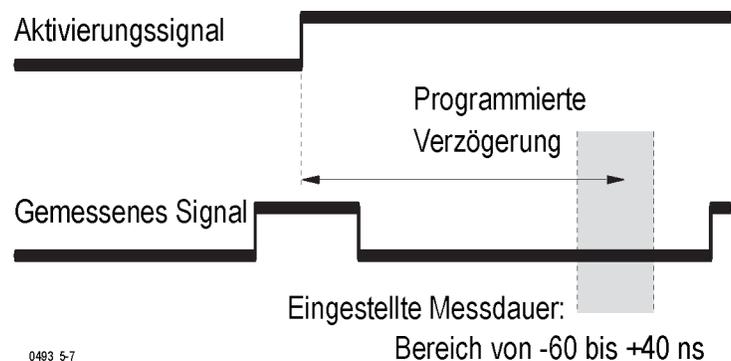
4. Wählen Sie **Settings > Arm** (Einstellungen > Aktivierung) aus, schalten Sie die Aktivierung ein, und legen Sie die zu erkennende **Start Slope** (Startflanke) fest. Verwenden Sie ggf. die Startverzögerung.
5. Stellen Sie eine Messdauer ein, die für den gewünschten Signalbereich geeignet ist.

Aktivierung und Setup-Zeit

Das Gerät benötigt eine Setup-Zeit von 5 ns, bevor es eine Änderung an einem Alarmsignal erkennen kann.



Wird die Aktivierungsverzögerung verwendet, ändert sich die Setup-Zeit. Die nachfolgende Abbildung zeigt die Zeit der abgelaufenen Verzögerung bis zur Aktivierung der Messung (-60 bis +40 ns, für eine Gesamtverzögerungsauflösung von 100 ns). Die Abbildung zeigt, dass ein Starttriggersignal erkannt werden kann, obwohl es 60 ns vor Ablauf der programmierten Zeitverzögerung erfolgt. Das Starttriggersignal muss 40 ns nach Ablauf der programmierten Zeitverzögerung erfolgen, um den ordnungsgemäßen Start der Messung sicherzustellen.



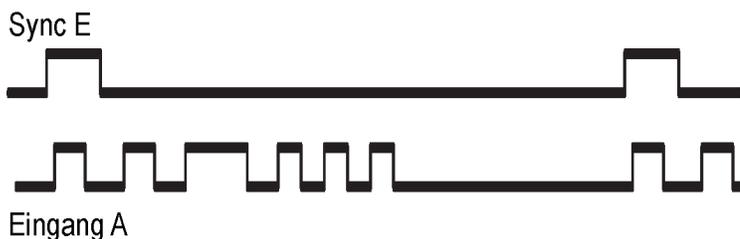
Aktivierungsbeispiele

In diesem Abschnitt finden Sie Beispiele für die Messung verschiedener Burst-Signale. In den ersten beiden Beispielen wird die Impulsbreite eines ausgewählten, positiven Impulses innerhalb eines Bursts gemessen. Im dritten Beispiel wird die Zeit zwischen Impulsen innerhalb eines Bursts gemessen. Sie können auch Periode, Anstiegszeit oder Lastfaktor des Burst-Signals messen, indem Sie das geeignete Messverfahren auswählen und durch Messen auf einen negativen Impuls, indem Sie die Triggerflanke ändern.

Wenn Sie die Basisparameter des Messsignals nicht kennen, ermitteln Sie diese mithilfe eines Oszilloskops. Verwenden Sie diese Parameter, um die Triggerflanke, Aktivierungsflanke und Aktivierungsverzögerung des Geräts einzustellen.

Aktivierungsbeispiel: Messen des ersten Impulses in einem Burst

Anhand dieses Beispiels wird erklärt, wie Sie die Breite des ersten Impulses in einem sich wiederholenden Impuls-Burst messen. In diesem Beispiel steht darüber hinaus ein Synchronisationssignal (sync) mit TTL-Pegel zur Verfügung. Das zuerst beschriebene schnelle und einfache Verfahren verwendet keine Aktivierung sondern nutzt die Tatsache, dass das Gerät dazu tendiert, sich intern selbst mit dem Eingangssignal zu synchronisieren.



0493_5-8

Aufgabe ist es, den Start der Messung (Starttrigger) mit der Vorderflanke des ersten Impulses zu synchronisieren. Je nach Signal-Timing kann dies einfach, schwierig oder sehr schwierig sein.

Automatische Synchronisation ohne Aktivierung. Es ist möglich, einen Puls in einem Burst ohne Verwendung der Aktivierungsfunktion zu messen. Das Gerät kann häufig den Start der Messung automatisch mit der Triggerung des ersten Impulses synchronisieren. Voraussetzungen für die erfolgreiche Durchführung sind:

- Die PRF ist nicht zu hoch, vorzugsweise unter 50 Hz und definitiv nicht über 150 Hz.
- Die Dauer eines Impuls-Bursts (zwischen dem ersten und letzten Impuls) muss erheblich kürzer sein, als der Abstand zum nächsten Burst.
- Die Anzahl der Impulse im Burst muss über 100 liegen, um zu das Auftreten von Fehlzählungen zu verhindern.

Gehen Sie wie folgt vor, um eine automatische Synchronisation ohne Aktivierung durchzuführen:

1. Speisen Sie das Burst-Signal in Eingang A ein.
2. Stellen Sie manuell die Empfindlichkeit und den Triggerpegel ein, bis das Burst-Signal das Gerät ordnungsgemäß triggert.
3. Wählen Sie **Meas > Pulse > Width Positive > A** (Messen > Impuls > Positive Breite > A) aus.
4. Wählen Sie **Settings > Stat > Pacing** (Einstellungen > Stat > Schrittsteuerung) aus, und stellen Sie die Schrittsteuerung auf **On** (Ein).
5. Wählen Sie **Settings > Stat > Pacing Time** (Einstellungen > Stat > Schrittsteuerungszeit) aus, und geben Sie einen Wert ein, der annähernd der Zeit zwischen den Bursts entspricht.

Es ist nicht sicher, dass auf diese Weise eine absolute Synchronisation erreicht wird, jedoch besteht eine gute Chance, dass die automatische Synchronisation funktioniert. Trotzdem kann es gelegentlich zur Anzeige falscher Werte kommen. Um eine sichere Synchronisation zu erreichen, verwenden Sie die Funktion **Start Arming** (Startaktivierung).

Burst-Impuls-Synchronisation mit Startaktivierung. Sie können ein externes Sync-Signal nutzen, um die Messung zu aktivieren. Voraussetzung dafür ist, dass die Vorderflanke des Sync-Signals mehr als 5 ns vor der Vorderflanke des ersten Impulses im Burst auftritt. (Siehe Abbildung 9.)

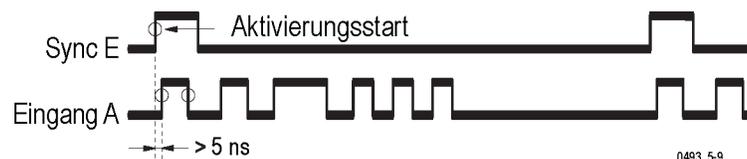


Abbildung 9: Synchronisation mit Startaktivierung

Gehen Sie wie folgt vor, um eine Synchronisation mit Startaktivierung durchzuführen:

1. Speisen Sie das externe Sync-Signal in **Input E** (Eingang E) (auf der Rückseite) ein.
2. Speisen Sie das Burst-Signal in **Input A** (Eingang A) ein.
3. Stellen Sie den Triggerpegel entsprechend ein, um auf das Burst-Signal zu triggern.
4. Wählen Sie **Settings > Arm > Arm On > Sample** (Einstellungen > Aktivierung > Aktivierung Ein > Abtastung) aus.
5. Wählen Sie **Start Chan > E** (Startkanal > E) aus.

6. Drücken Sie **Start Delay** (Startverzögerung), und prüfen Sie die Einstellung bzw. wählen Sie den Wert null aus.
7. Drücken Sie mehrmals die Taste **Save | Exit** (Speichern/Beenden), um zum Hauptbildschirm zurückzukehren.
8. Wählen Sie **Meas > Pulse > Width Positive > A** (Messen > Impuls > Positive Breite > A) aus.

Gibt es keinen (oder einen zu geringen) Unterschied zwischen dem Aktivierungssignal und dem ersten Impuls im Impuls-Burst, muss die Aktivierung mit einer Verzögerung kombiniert werden, wie im nächsten Beispiel beschrieben.

Burst-Impuls-Synchronisation mit Startaktivierung und Zeitverzögerung. Wenn die Impuls-Bursts über eine stabile Folgefrequenz verfügen, können Sie die Startaktivierung zusammen mit einer Zeitverzögerung verwenden. Dieses Verfahren nutzt den Sync-Impuls, der zu einem vorausgehenden Burst gehört, um den Start einer Messung zu synchronisieren. Stellen Sie die Zeitverzögerung auf einen Wert ein, der größer ist als die Dauer eines Impuls-Bursts und kleiner als die Wiederholungszeit der Impuls-Bursts, wie in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

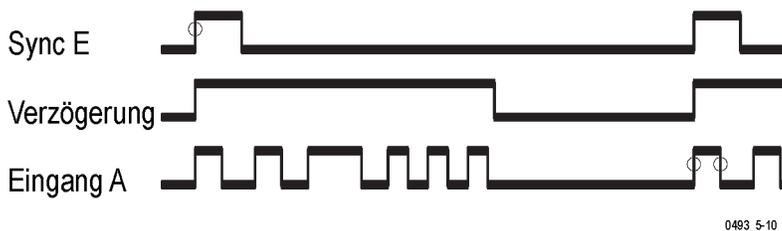


Abbildung 10: Synchronisation mit Startaktivierung und Zeitverzögerung

Gehen Sie wie folgt vor, um eine Synchronisation mit Startaktivierung und Zeitverzögerung durchzuführen:

1. Speisen Sie das externe Sync-Signal in **Input E** (Eingang E) (auf der Rückseite) ein.
2. Speisen Sie das Burst-Signal in **Input A** (Eingang A) ein.
3. Stellen Sie den Triggerpegel entsprechend ein, um auf das Burst-Signal zu triggern.
4. Wählen Sie **Settings > Arm > Arm On > Sample** (Einstellungen > Aktivierung > Aktivierung Ein > Abtastung) aus.
5. Wählen Sie **Start Chan > E** (Startkanal > E) aus.
6. Drücken Sie **Start Delay** (Startverzögerung), um geben Sie einen geeigneten Wert für die Verzögerung ein (größer als die Dauer eines Impuls-Bursts, aber kleiner als die Wiederholungszeit der Impuls-Bursts).

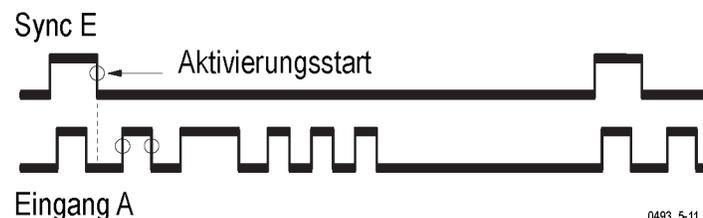
7. Drücken Sie mehrmals die Taste **Save | Exit** (Speichern/Beenden), um zum Hauptbildschirm zurückzukehren.
8. Wählen Sie **Meas > Pulse > Width Positive > A** (Messen > Impuls > Positive Breite > A) aus.

Aktivierungsbeispiel: Messen des zweiten Impulses in einem Burst

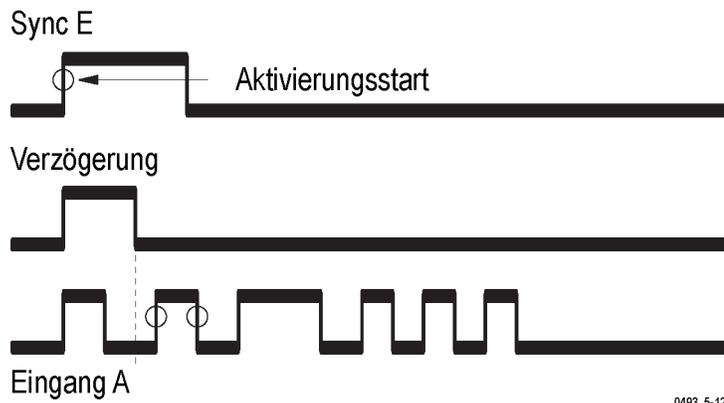
Anhand dieses Beispiels wird erklärt, wie Sie die Breite des zweiten Impulses in einem Impulszug messen. Aufgabe ist es, den Start der Messung mit dem Start des zweiten Impulses zu synchronisieren. In diesem Fall kann die automatische Synchronisation (ohne die Verwendung der Aktivierungsfunktion) nicht funktionieren. Die automatische Synchronisation nutzt das erste Triggerereignis in einem Burst. Das bedeutet, dass für diese Messung die Aktivierungsfunktion benötigt wird.

Je nach der relativen Position des Sync-Signals zum Burst und der Dauer des Sync-Signals kann die Messung mit oder ohne Aktivierungsverzögerung erfolgen. Tritt die abfallende Flanke des Sync-Signals nach der Vorderflanke des ersten Impulses aber vor dem zweiten Impuls im Impuls-Burst auf, kann die Startaktivierung ohne Aktivierungsverzögerung erfolgen.

Wählen Sie für Eingang A die Triggerung auf die positive und für Eingang E auf die negative Flanke aus. Die Flanke für den aktiven Aktivierungskanal wird im Menü **Settings > Arm > Start Slope** (Einstellungen > Aktivierung > Startflanke) eingestellt. In der nachfolgenden Abbildung ist dargestellt, wie die abfallende Flanke des Sync-Signals vor dem zweiten Impuls auftritt.



Wenn das Sync-Impuls-Timing nicht so gut geeignet ist, wie in der Beispielmessung oben, weil z. B. die abfallende Flanke des Sync-Signals zu spät kommt, kombinieren Sie die Aktivierung mit einer Zeitverzögerung, wie in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

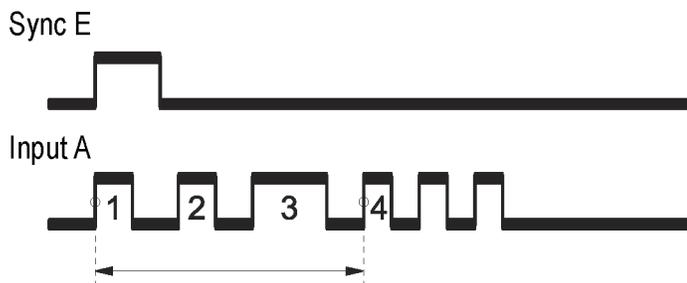


0493_5-12

Gehen Sie wie im vorherigen Beispiel beschrieben vor, aber stellen Sie eine geeignete **Start Arm Delay** (Startaktivierungsverzögerung) ein, sodass die Verzögerungszeit während der Lücke zwischen dem ersten und zweiten Impuls abläuft.

**Aktivierungsbeispiel:
Messen der Zeit zwischen
Impulsen in einem Burst**

In den vorausgehenden Beispielen wurde durch die Synchronisation der Start einer Messung bestimmt und eine Einzelschuss-Zeitintervallmessung durchgeführt. Im folgenden Beispiel wird die Zeit zwischen der ansteigenden Flanke des ersten und vierten Impulses in einem Burst gemessen, wie in der nachfolgenden Abbildung dargestellt. Zur Durchführung dieser Messung muss eine Start- und eine Stoppzeit eingestellt werden.

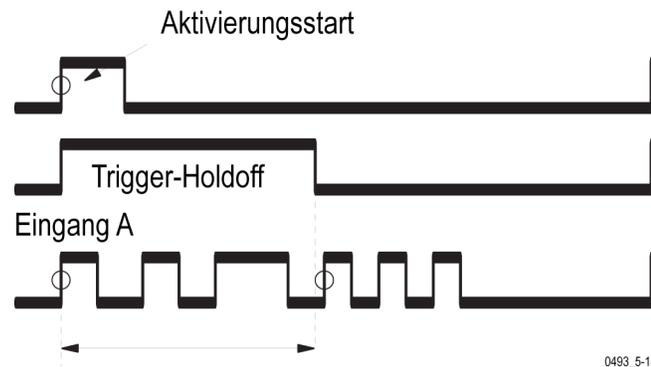


0493_5-13

Diese Art von Messung nutzt die Funktion **Time Interval A to A** (Zeitintervall A bis A) und das Signal an Eingang B, um die Stoppbedingungen zu steuern. Aufgabe ist die Start- und Stoppaktivierung dieser Messung. Die Startaktivierung wurde bereits im ersten Beispiel zur Aktivierung beschrieben (synchronisieren des Starts der Messung mit der Vorderflanke des ersten Impulses). Jetzt kommt es darauf an, den Stopp der Messung zu synchronisieren (Stoppaktivierung). Dies kann mithilfe eines der folgenden Verfahren erfolgen:

Stoppverzögerung um eine bestimmte Zeit mithilfe des Trigger-Holdoff. Trigger-Holdoff wird verwendet, um die Stopptriggerung für eine voreingestellte Zeit zu unterdrücken. Die Holdoff-Periode startet synchron

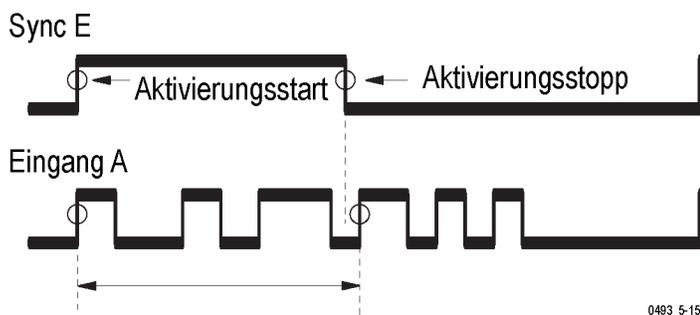
mit dem Starttriggerereignis. Die Holdoff-Zeit muss eingestellt werden, dass Sie zu einem Zeitpunkt zwischen den Impulsen 3 und 4 abläuft.



Verwenden Sie die gleiche Testeinstellung wie in den vorherigen Beispielen. Gehen Sie dann wie folgt vor:

- Drücken Sie die Taste **Meas** (Messen), und wählen Sie **Time Interval A to A** (Zeitintervall A bis A) aus.
- Drücken Sie **Input B** (Eingang B), und wählen Sie die positive Flanke und einen geeigneten Triggerpegel aus.
- Wählen Sie **Settings > Trigger Hold Off (On)** (Einstellungen > Trigger-Holdoff (Ein)) aus.
- Vergewissern Sie sich, dass die Aktivierungsbedingungen von Beispiel 1 eingestellt sind, also keine Aktivierungsverzögerung.
- Messen Sie das Signal.

Verwenden der Stoppaktivierung (externer Holdoff), um den Stopp zu verzögern. In den bisher beschriebenen Beispielen wurde das Sync-Signal ausschließlich als Startaktivierungssignal verwendet. D.h., dass der Schwerpunkt der Messtriggerung auf der Vorderflanke des Sync-Signals lag und nicht auf dessen Dauer. Jedoch kann das Sync-Signal auch als externer Trigger-Holdoff verwendet werden, indem die Stoppaktivierung auf die abfallende Flanke des Sync-Signals angewendet wird. Wenn die Dauer des Sync-Signal-Impulses extern geändert werden kann, wählen Sie eine Dauer aus, die in der Lücke zwischen dem dritten und vierten Impuls endet, wie in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.



Verwenden Sie die gleiche Testeinstellung wie im vorherigen Beispiel. Gehen Sie dann wie folgt vor:

1. Wählen Sie **Settings > Arm > Arm On > Sample** (Einstellungen > Aktivierung > Stoppkanal > E) aus.
2. Wählen Sie **Stop Slope > Falling** (Stoppflanke > Abfallend) aus.
3. Messen Sie das Signal.

Aktivierung und Profilbestimmung

Profiling (Profilbestimmung) bedeutet das Messen einer Frequenz über einen bestimmten Zeitraum. Dazu gehört das Messen der temperaturabhängigen Drift einer Signalquelle über mehrere Stunden, der Linearität einer Frequenzablenkung über Sekunden, der VCO-Schaltcharakteristiken während Millisekunden oder der Frequenzänderungen innerhalb eines Chirp-Impulses während Mikrosekunden.

Diese Geräte können, mit einigen Einschränkungen, vielen Anforderungen an Profilbestimmungsmessungen gerecht werden. Theoretisch kann eine Profilbestimmung manuell erfolgen, indem einzelne Messergebnisse abgelesen und in einen Graphen aufgenommen werden. Das optimale Ergebnis erreichen Sie jedoch, wenn Sie das Gerät als schnelles, hochauflösendes Abtastungs-Frontend einsetzen, wobei die Ergebnisse in seinem internen Speicher abgelegt werden. Anschließend werden die Messergebnisse zur Analyse und grafischen Darstellung an eine Software übertragen. Die Anwendungssoftware TimeView™ vereinfacht die Profilbestimmung erheblich.

Es gibt zwei Verfahren zur Profilbestimmung: *frei durchlaufend* und mit *wiederholter Abtastung*.

Frei durchlaufende Messungen

Frei durchlaufende Messungen erfolgen über einen längeren Zeitraum. Typische frei durchlaufende Messungen umfassen die Bestimmung der Stabilität eines Oszillators über eine Dauer von 24 Std. Dabei wird die Anfangsdrift eines Generators während einer 30-Minuten-Aufwärmphase oder die Kurzzeitstabilität eines Geräts gemessen. In diesen Fällen erfolgen die Messungen in Intervallen zwischen 2 μ s und 1000 s, je nach Auswahl des Benutzers.

Es gibt verschiedene Arten, ein Messintervall einzustellen:

- Verwenden Sie „Pacing time“ (Schrittsteuerungszeit) (Settings > Stat (Einstellungen > Stat)), um das Intervall festzulegen. Die Messung erfolgt so lange, bis die eingestellte Anzahl an Abtastungen durchgeführt wurde. Verwenden Sie **Hold/Run** (Halten/Starten) und **Restart** (Neu starten), um eine Messung nach einem vollständigen Zyklus zu stoppen. Zeigen Sie den Trend oder eine Tabelle in einer statistischen Anzeige an (Trendkurve oder Histogramm), während die Messung erfolgt.
- Verwenden Sie den Zeitgeber einer Fernsteuerung. Dies ermöglicht die Synchronisation mit externen Ereignissen, z. B. den Wechsel des Prüflings, wenn eine Reihe von Komponenten zu prüfen sind.
- Verwenden Sie externe Aktivierungssignale. Verwenden Sie z. B. einen 10-Hz-Aktivierungssignalimpuls, um eine Messung mit 100-ms-Intervallen durchzuführen.
- Führen Sie frei durchlaufende Messungen durch. Bei frei durchlaufenden Messungen (kontinuierliche Messungen) beträgt die kürzeste Verzögerung zwischen den Messungen zirka 4 μs (Internal Calibration „Off“ (Interne Kalibrierung „Aus“)) oder 8 μs (Internal Calibration „On“ (Interne Kalibrierung „Ein“) zuzüglich der eingestellten Messdauer. Beispielsweise beträgt die Zeit zwischen den einzelnen Abtastungen bei einer Messdauer von 0,1 ms etwa zwischen 104 und 108 μs .

Profilbestimmungsmessungen mit wiederholter Abtastung

Frei durchlaufende Messungen funktionieren nicht, wenn für die Profilbestimmung kürzere Intervalle als 4 μs zwischen den Abtastungen erforderlich sind. Wie würden Sie beispielsweise eine Profilbestimmung einer VCO-Stufenantwort mit 100 Abtastungen während einer Dauer von 10 ms durchführen?

Für diese Messung ist ein *sich wiederholendes* Stufen-Eingangssignal erforderlich. Sie müssen die Messungen 100-mal wiederholen, eine neue Abtastung pro Zyklus vornehmen und, unter Berücksichtigung der vorausgehenden Abtastung, jede neue Abtastung um 100 μs verzögern.

Zwar ist es möglich (jedoch langwierig), sämtliche Einstellungen selbst vorzunehmen und die 100 Messungen manuell durchzuführen, am einfachsten kann dies jedoch mithilfe eines Controllers, z. B. einem PC mit der Software TimeView, erfolgen.

Um die Einstellungen für eine Messung mit wiederholender Abtastung vorzunehmen, ist Folgendes erforderlich:

- Ein sich wiederholendes Eingangssignal (z. B. der Frequenzgang eines VCO).
- Ein externes Sync-Signal (z. B. der Stufenspannungseingang eines VCO).
- Die Verwendung der Aktivierung mit einer voreingestellten Zeit (100 μs , 200 μs , 300 μs).

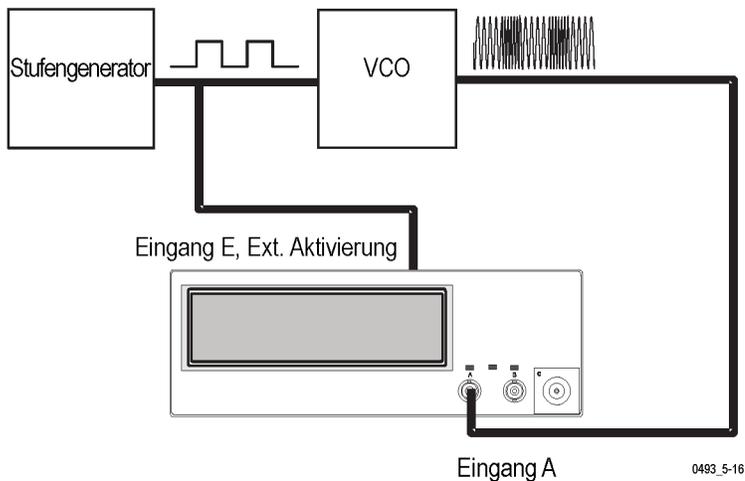
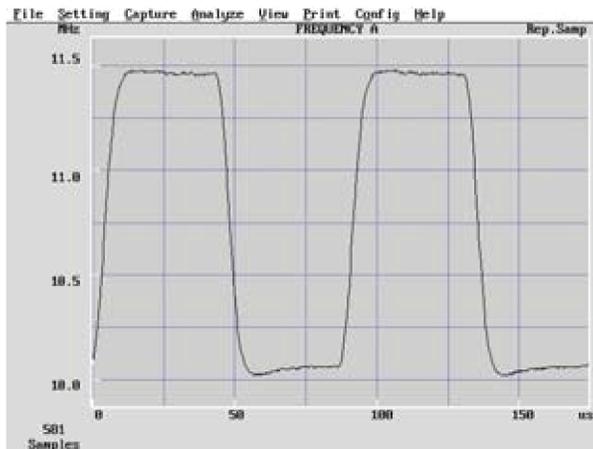


Abbildung 11: Einstellung für transiente Profilbestimmung eines VCO.



0493_5-17

Abbildung 12: Ergebnisse einer transienten Profilbestimmungsmessung.

Verwenden Sie die Ergebnisse aller 100 Messungen, um eine Frequenzkurve in Abhängigkeit der Zeit darzustellen. Beachten Sie, dass die absolute Genauigkeit der Zeitskalierung vom Eingangssignal selbst abhängt. Zwar erfolgt die Aktivierung der Messungen bei Intervallen von $100 \mu\text{s} \pm 100 \text{ ns}$, der tatsächliche Start einer Messung wird jedoch immer mit dem ersten Eingangstriggersignal nach der Aktivierung synchronisiert.

Anhang A: Standard-Geräteeinstellungen

In der nachfolgenden Tabelle sind die werkseitigen Standard-Geräteeinstellungen aufgelistet. Wählen Sie **User Opt > Save/Recall > Setup > Recall setup > Default** (Benutzeropt. > Speichern/Beenden > Setup > Setup abrufen > Standard) aus, um diese Einstellungen für das Gerät zu übernehmen. (Siehe Seite 20.)

Parameter	Standardwert
Eingänge A & B	
Trigger Level (Triggerpegel)	Auto
Trigger Slope (Triggerflanke)	Ansteigend
Impedance (Impedanz)	1 M Ω
Attenuator (Dämpfung)	1fach
Coupling (Kopplung)	AC
Filter	Off (Aus)
Arming (Aktivierung)	
Start	Off (Aus)
Start Slope (Startflanke)	Ansteigend
Startverzögerung	0
Stopp	Off (Aus)
Stop Slope (Stoppflanke)	Ansteigend
Holdoff	
Holdoff-Status	Off (Aus)
Hold-Off Time (Holdoff-Zeit)	200 μ s
Timeout	
Timeout-Status	Off (Aus)
Time-Out Time (Timeout-Zeit)	100 ms
Statistics (Statistik)	
Statistics (Statistik)	Off (Aus)
Number of Samples (Anzahl der Abtastungen)	100
Number of Bins (Anzahl der Intervallbereiche)	20
Pacing State (Schrittsteuerungsstatus)	Off (Aus)
Pacing Time (Schrittsteuerungszeit)	20 ms
Mathematics (Mathematik)	
Mathematics (Mathematik)	Off (Aus)
Math Constants (Math.-Konstanten)	K=1, L=0, M=1
Limits (Grenzwerte)	
Limit State (Grenzwertstatus)	Off (Aus)
Limit Mode (Grenzwertmodus)	Range (Bereich)
Lower Limit (Unterer Grenzwert)	0

Upper Limit (Oberer Grenzwert)	0
Burst	
Sync Delay (Sync.-Verzögerung)	400 µs
Sart Delay (Startverzögerung)	0
Measure Time (Messdauer)	200 µs
Freq. Limit (Grenzwert)	400 MHz
Miscellaneous (Verschiedenes)	
Funktion	Freq A
Smart Frequency (Intelligente Frequenz)	Auto
Smart Time Interval (Intelligenter Zeitintervall)	Off (Aus)
Measure Time (Messdauer)	200 ms
Auto Trig Low Freq (Untere Auto-Trigger-Frequenz)	100 Hz
Time base Reference (Zeitbasisreferenz)	Auto
Blank Digits (Ausgeblendete Stellen)	0

Anhang B: Steuern des Messungs-Timings

Der Messvorgang

Da diese Geräte das reziproke Zählverfahren verwenden, synchronisieren Sie immer Start und Stopp der tatsächlichen Messdauer mit den Eingangssignal-Triggerereignissen. Eine neue Messung beginnt automatisch, wenn die vorherige Messung abgeschlossen ist (außer **Hold** (Halten) wurde aktiviert). Dieses Verfahren eignet sich ideal für kontinuierliche, wellenförmige Signale.

Der Start einer Messung erfolgt, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind (in der vorgegebenen Reihenfolge):

- Das Gerät hat die vorherige Messung vollständig abgeschlossen.
- Alle Vorbereitungen für eine neue Messung wurden getroffen.
- Das Eingangssignal triggert den Messeingang des Geräts.

Die Messung endet, wenn das Eingangssignal die Stopp-Triggerbedingungen erfüllt. Dies geschieht direkt nach den folgenden Ereignissen:

- Die eingestellte Messdauer ist abgelaufen (gilt nur für die Messungen **Frequency** (Frequenz) und **Period Average** (Periodenmittelwert)).
- Das Eingangssignal erfüllt die Stopp-Triggerbedingungen normalerweise dann, wenn es das Triggerfenster zum zweiten Mal durchläuft.

Auflösung als eine Funktion der Messdauer

Die Auflösung des Geräts wird hauptsächlich über den Quantisierungsfehler und die Anzahl der Stellen auf dem Display des Geräts (die niederwertigste angezeigte Stelle) bestimmt. Wie unter *Reziproke Zählung* (Siehe Seite 33.) beschrieben, gilt für die berechnete Frequenz:

$$f = \frac{n}{t_g}$$

Dabei gilt für den relativen Effektivwert-Quantisierungsfehler $E_q = \pm 100 \text{ ps}/t_g$.

Das Gerät zeigt nichtrelevante Stellen nicht an, sodass die Effektivwert-Quantisierungsauflösung die LSD (niedrigwertige Ziffernstelle) um nicht mehr als ± 5 Einheiten ändern kann. Dies geschieht, wenn der angezeigte Wert „99999999“ ist und der größtmögliche Quantisierungsfehler vorliegt. Im besten Fall ist der angezeigte Wert „10000000“. Dann entspricht die Quantisierungsauflösung $\pm 0,5$ LSD-Einheiten.

HINWEIS. ± 1 Einheit bei 99999999 (=1E8) bedeutet zehn Mal mehr relative Auflösung als ± 1 Einheit bei 10000000 (=1E7), trotz derselben Anzahl an Stellen.

Eine allmähliche Erhöhung der Messdauer verringert die durch die Quantisierungsungenauigkeit verursachte Instabilität bei der LSD. Bei einer bestimmten Einstellung der Messdauer ist das Gerät so eingestellt, dass eine Stelle mehr angezeigt wird. Diese zusätzliche Stelle liefert dann eine zehn Mal höhere Anzeigenauflösung, jedoch keine zehn Mal höhere Quantisierungsungenauigkeit. Damit liefert eine Messdauer, die nur eine zusätzliche Stelle anzeigt eine höhere sichtbare Ungenauigkeit bei der letzten Stelle.

Für eine stabile LSD-Ablesung muss die maximale Messdauer so gewählt werden, dass die erforderliche Anzahl an Stellen angezeigt wird. Eine solche Optimierung der Messdauer ermöglicht es, dass die Gesamtauflösung der Quantisierungsaflösung entspricht.

Messdauer und Messraten

Die eingestellte Messdauer bestimmt die Dauer einer Messung, wenn „Frequency“ (Frequenz) oder „Period Average“ (Periodenmittelwert) ausgewählt ist. Dies ist besonders dann von Bedeutung, wenn Sie schnelle Messungen durchführen möchten, z. B. wenn Sie die Statistikfunktionen verwenden oder Daten über den GPIB-Bus sammeln.

Die Dauer zwischen dem Stopp einer Messung und dem Start der nächsten Messung im Rahmen einer Blockmessung (häufig als Totzeit bezeichnet) kann unter 2 μ s liegen.

Ein Block ist eine Zusammenstellung aufeinanderfolgender Messungen, deren Ergebnisse im lokalen Speicher zu statistischen Zwecken, zum Erstellen einer Grafik (Modus **Analyze** (Analyse)) oder zur späteren Übertragung an einen Controller über eine GPIB- oder USB-Datenkommunikationsverbindung gespeichert werden.

Zusätzliche Bedienelemente für Messungen

Zusätzliche Bedienelemente zum Starten und Stoppen von Messungen. Mit dem Gerät können sehr komplexe Messungen durchgeführt werden. Neben der Eingangssignaltriggerung können Sie den *Start* einer Messung über die folgenden Funktionen steuern:

- Durch Drücken von **Restart** (Neu starten), wenn sich das Gerät im Modus **Hold** (Halten) befindet.
- Durch GPIB-Triggerung (<GET> oder *TRG) bei ausgewählter Bus-Triggerung. Im Programmierhandbuch finden Sie weitere Informationen zur GPIB-Triggerung.
- Mithilfe eines externen Aktivierungssignals bei aktiver **Start Arming** (Startaktivierung).
- Durch Verzögerung nach der abgelaufenen Startaktivierung bei aktiver **Arming Delay** (Aktivierungsverzögerung).

Zusätzlich zur abgelaufenen Messdauer und Stopp-Signaltriggerung erfolgt der *Stopp* einer Messung durch externe Aktivierungssignal-Triggerung bei aktiver **Stop Arming** (Stoppaktivierung).

Index

A

About (Geräteinformationen), 21
Above (Höher),
 Grenzwertprüfung, 75
Abrufen (Datensatz), 20
Abrufen (Geräte-Setup), 20
Abtasthaltung, 34
Abwärtswandler
 (Mikrowellenmessung), 37
AC-Eingangskopplung, 24
Adev, 71
Aktuelles Setup speichern, 20
Alarm (Grenzwertprüfung), 75
Alarm_stop
 (Grenzwertprüfung), 75
Allan-Abweichung, 71
AM-Modulationsfrequenz-Messung, 48
AM-Signale, 47
Analog low-pass filter (Analoger
 Tiefpassfilter), Eingang, 25
Analysemodi, 7
Analyse (Analyse), Taste, 11
Anstiegs-/Abfallzeit messen, 52
Arm (Aktivierung), 16

Arming (Aktivierung)
 Aktivierungssignal vom
 Messsignal, 80
 Arm Start
 (Startaktivierung), 78
 Arm Stop
 (Stoppaktivierung), 78
 Beispiele, 82, 85, 86
 Burst-Messungen, 79
 Eingangssignale, 80
 Einzelschussereignisse, 77
 Impulssignale, 77
 Messsignal als
 Aktivierungssignal, 80
 nichtzyklische Signale, 77
 Profilbestimmung, 77
 profiling
 (Profilbestimmung), 88
 Setup-Zeit, 81
 Synchronisationssignale, 80
 Time delay (Zeitverzögerung),
 Startaktivierung, 78
 Triggersignale, 80
 Übersicht, 77
 Verwenden des
 Eingangssignals zu
 Aktivierung, 80
Auflösung, 93
Auflösung (Phase), 58
Auswählen der
 Burst-Messdauer, 43
Auto Set (Autom. Einstellung),
 Taste, 11
Auto Trig Low Freq (Untere
 Auto-Trigger-Frequenz), 18,
 27
Auto-Trigger, 26, 31

B

Back-to-Back
 (aufeinanderfolgende)
 Frequenzmessungen, 50

Back-to-Back
 (aufeinanderfolgende)
 Periodenmessungen, 50
Beispiele
 Berechnen von
 Konfidenzgrenzen, 74
 mathematische
 Ausdrücke, 70, 71
 mathematische Ausdrücke
 verwenden, 70
 Messen der Abweichung
 von festgelegten
 Frequenzen, 70
 Messen der Breite des
 zweiten Impulses in
 einem Burst, Arming
 (Aktivierung), 85
 Messen der Breite
 ersten Impulses in
 einem Burst, Arming
 (Aktivierung), 82
 Messen der Zeit zwischen
 Impulsen in einem Burst
 (Aktivierung), 86
 Summe A-B mit
 Gatesteuerung über E, 65
 Summe B mit Zeitsteuerung
 über A, 66
 Totalize (Summe) und Arming
 (Aktivierung), 64
 Totalize A (Summe
 A), Start/Stop by B
 (Start/Stopp nach B), 64
Below (Niedriger),
 Grenzwertprüfung, 75
Benutzeropt. (Taste), 20
Berechnung von
 Ungenauigkeiten, 73
Beschleunigen von
 Messungen, 27
Beschleunigen von statistischen
 Messungen, 72

Betrieb per Fernsteuerung

Status, 6

Taste „Esc“, 6

Bezeichnungen ändern, 20

Burst, 16

Auswählen der

Burst-Messdauer, 43

Messfehler, 44

Messung, 41

Messungen und Arming

(Aktivierung), 79

Triggerung, 41

Bus Type (Bustyp),

Schnittstelle, 21

D

Dämpfung, Eingang, 23

Dataset (Datensatz), Untermenü

Erase (Löschen), 20

Recall (Abrufen), 20

Save (Speichern), 20

Datensatz

(Speichern/Abrufen), 20

Datum der Kalibrierung, 21

Dauerstrichsignalmessung, 47

DC-Eingangskopplung, 24

Die Funktion Sync Delay

(Sync.-Verzögerung), 43

Digit Blanks (Ausgeblendete

Stellen), 21

Digital low-pass filter (Digitaler

Tiefpassfilter), Eingang, 25

Drift und Jitter, 73

Durchführen einer

Einzelmessung, 14

E

Eingang

A und B (Aktivierung), 80

Aktivierungs-Triggersignale, 80

analoger Tiefpassfilter, 25

Dämpfung, 23

digitaler Tiefpassfilter, 25

Eingang E (Aktivierung), 80

Impedanz, 23

Kopplung, 24

Tiefpassfilter, 25

Verwenden des Messsignals

für die Aktivierung, 80

Eingangsbedienelemente, 23

Einstellen der

Abtastparameter, 71

Einzelmessung, 14

Einzelperiodenmessung, 49

Einzelschussereignisse, 77

Erase (Löschen),

Datensatzeintrag, 20

Erfassung

(Grenzwertprüfung), 75

Esc, Taste, 12

F

Fehler bei der Zeitmessung, 55

Frei durchlaufende

Messungen, 88

Frequenz (fo), 44

Frequenzmessung, 39

Frequenzmessung (Eingang

C), 40

Frequenzmodulierte Signale, 44

Frequenzverhältnis, 41

Funktionen, v

G

Geräteeeinstellungen, Standard, 91

Geräteinformationen, 21

GPIB

address (Adresse), 21

Busgeschwindigkeit, viii

mode (Modus), nativ oder

kompatibel, 21

Grenzen, 75

Grenzwert- und

Analysemodus, 76

Grenzwertprüfung, 75

Alarm_stop, Einstellung, 75

Alarmeinrichtung, 75

Einstellung für Modus

„Above“ (Höher), 75

Einstellung für Modus

„Below“ (Niedriger), 75

Einstellung für Modus

„Range“ (Bereich), 76

Erfassungseinstellung, 75

Grenzwertverhalten,

Einstellungen, 75

LL (Unterer Grenzwert), 76

UL (Oberer Grenzwert), 76

Grenzwertverhalten, 19

H

Histogramm-Anzeige, 8

Hold/Run“ (Halten/Starten),

Taste, 14

I

Impedanz, Eingang, 23

Impulsabrundung und

Übersteuerung, 55

Impulsbreiten-Zeitmessung, 54

Impulssignale, 77

Informationen zu den installierten

Optionen, 21

Input A (Eingang A), Input B

(Eingang B), Menüs, 15

Input A“ (Eingang A), Input B

(Eingang B), Tasten, 13

Input A (Eingang A), Taste, 15

Input B (Eingang B), Taste, 15

Input C Acq (Erf. Eingang C), 18

Interface (Schnittstelle),

Untermenü

Bustyp, 21

GPIB Mode (Modus

„GPIB“), 21

GPIB-Adresse

(GPIB-Adresse), 21

- Interpolator Calibration
(Interpolator-Kalibrierung), 18
- J**
Jitter und Drift, 73
- K**
K (math. Formelkonstante), 19
Kalibrierung, 20
Kompensation von
 Phasenfehlern, 61
Konfidenzgrenzen, Messung, 74
Kopplung, Eingang, 24
- L**
L (math. Formelkonstante), 19
Lastfaktormessung, 54
Limit (Grenzwert), Modus, 19
Limit (Grenzwert), Untermenü
 Limit Behavior
 (Grenzwertverhalten), 19
 Lower Limit (Unterer
 Grenzwert), 19
 Modus „Limit“
 (Grenzwert), 19
 Upper Limit (Oberer
 Grenzwert), 19
LL (Unterer Grenzwert),
 Grenzwertprüfung, 76
- M**
M (math. Formelkonstante), 19
Manual trigger (Manueller
 Trigger), 31
Manuelle Triggerpegel, 27
Manuellen Triggerwert
 einstellen, 27
Manueller Trigger, 26
Math, 19
Math. (Untermenü)
 K, 19
 L, 19
 M, 19
 Math, 19
 X, 19
Math/Limit (Math./Grenzwert),
 Menü, 19
Math/Limit (Math./Grenzwert),
 Taste, 13, 19
Mathematische Ausdrücke, 69,
 70
Max, 70
Maximalfrequenz, 46
MEAN (MITTEL), 71
Meas (Messen), Taste, 10
Meas Time (Messdauer), 16
Menü
 Input A (Eingang A), Input B
 (Eingang B), 15
 Math/Limit
 (Math./Grenzwert), 19
 Settings (Einstellungen), 16
 User Opt (Benutzeropt.), 20
Menümodus, 7
Messdauer, 69
Messgeschwindigkeit, 34
Messtheorie, 33
 Abtasthaltung, 34
 Abwärtswandler, 37
 Durchschnitts- und
 Einzelzyklusmessungen, 34
 HF-Signal, 36
 Messgeschwindigkeit, 34
 Mikrowelle, 37
 niederfrequente Signale, 35
 Timeout, 34
 Vorteiler, 36
 Vorteiler und minimale
 Messdauer, 35
Messtheorie für HF-Signale, 36
Messtheorie zum Messen von
 Mikrowellen, 37
Messungen
 Abtastparameter
 einstellen, 71
 Adev
 (Allan-Abweichung), 70
 Aktivierung und
 Eingangssignale, 80
 Aktivierung und
 Messsignale, 80
Aktivierung und
 Profilbestimmung, 88
Aktivierung, Übersicht, 77
Aktivierungs-Eingangssignale, 80
Aktivierungs-Setup-Zeit, 81
Aktivierungsbeispiele
 (Arming), 82
Alarme
 (Grenzwertprüfung), 75
AM-Signale, 47
AM-Trägersignal, 47
Amplitudenmodulationsfrequenz, 48
Anstiegs-/Abfallzeit, 52
Arm (Aktivierung),
 Burst-Messungen, 79
Arm Start
 (Startaktivierung), 78
Arm Stop
 (Stoppaktivierung), 78
Back-to-Back
 (aufeinanderfolgend),
 Frequenz, 50
Back-to-Back
 (aufeinanderfolgend),
 Periode, 50
Berechnung von
 Ungenauigkeiten, 74
Burst-Messungen und Arming
 (Aktivierung), 79
Burst-Signale, 41
Die Funktion
 Sync.-Verzögerung, 43
Drift und Jitter, 73
Eingangssignale und
 Aktivierung, 80
Einzelperiode, 49
Fehler bei der
 Zeitmessung, 55
FM, 44
frei durchlaufend, 88
Frequenz (Eingänge A und
 B), 39
Frequenz, Back-to-Back
 (aufeinanderfolgend), 50
Frequenzmessung (Eingang
 C), 40
Frequenzverhältnis, 41

- Grenzwertprüfung, 75
 - Grenzwertprüfung und Analysemodus, 76
 - Grenzwertprüfungsmodi, 75
 - Grenzwertverhalten, Einstellungen, 75
 - Impulsabrundung und Übersteuerung, 55
 - Impulsbreite, 54
 - Jitter und Drift, 73
 - Kompensation von Phasenfehlern, 61
 - Konfidenzgrenzen, berechnen, 74
 - Lastfaktor, 54
 - Math, 70
 - mathematische Ausdrücke, 69
 - mathematische Ausdrücke verwenden, 69
 - Max, 70
 - Maximalfrequenz, 46
 - Messdauer, 69, 73
 - Messen der Abweichung von festgelegten Frequenzen, 70, 71
 - Messen der Breite des ersten Impulses in einem Burst, 82
 - Messen der Breite des zweiten Impulses in einem Burst, 85
 - Messen der Zeit zwischen Impulsen in einem Burst, 86
 - Messgeschwindigkeit und Statistik, 72
 - Messtheorie, 33
 - Messvorgang, 93
 - Min, 70
 - Minimalfrequenz, 46
 - Mittel, 70
 - Mittelwert, Periode, 50
 - Modulationsfrequenzen über 1 kHz, 45
 - Mögliche Phasenfehler, 58
 - niedrige Modulationsfrequenzen, 45
 - Periode, 49
 - Periode, Back-to-Back (aufeinanderfolgend), 50
 - Periodenmittelwert, 49, 50
 - Phase, 57
 - Phasenfehler kompensieren, 61
 - Phasenfehler nach Frequenz, Tabelle, 59
 - Phasenmessung, Fehler, 58
 - Phasenmessungsauflösung, 58
 - Phasenungenauigkeiten, 58
 - Setup-Zeit, Arming (Aktivierung), 81
 - Spannung, 67
 - SS, 70
 - SS-Frequenzabweichung, 46
 - statistische Messungen, 70
 - statistische Messungen beschleunigen, 72
 - Std (Standardabweichung), 70
 - Systematische Fehler, Phasenmessungen, 59
 - TIE, 54
 - totalize (Summe), 62
 - Totalize (Summe) und Arming (Aktivierung), 64
 - Trägerfrequenz, 44
 - Übersteuerung und Impulsabrundung, 55
 - Veff, 67
 - Vmax, 67
 - Vmin, 67
 - Vss, 67
 - wiederholte Abtastung bei Profilbestimmung, 89
 - Zeit und Raten, 93, 94
 - Zeitintervall, 52
 - Zeitintervallfehler (TIE), 54
 - Zeitmessungstrigger, 51
 - zufällige Fehler, Phasenmessungen, 58
 - zusätzliche Bedienelemente, 94
 - Messungen stoppen („Hold“ (Halten)), 14
 - Messungskonfidenzgrenzen berechnen, 74
 - Min, 70
 - Minimalfrequenz, 46
 - Misc (Versch.), 18
 - Misc (Versch.), Menü
 - Auto Trig Low Freq (Untere Auto-Trigger-Frequenz), 18
 - Input C Acq (Erf. Eingang C), 18
 - Interpolator Calibration (Interpolator-Kalibrierung), 18
 - TIE, 18
 - Timeout, 18
 - Mittelwert- und Einzelzyklusmessungen, 34
 - Modulationsfrequenzen über 1 kHz, 45
 - Modus „Test“, 21
 - Mögliche Fehler (Phase), 58
- ## N
- Navigationstasten, 12
 - Nichtzyklische Signale, 77
 - Niederfrequentes Signal, 35
 - Niedrige Modulationsfrequenzen, 45
- ## O
- Oberer Grenzwert, 19
 - Oberwellenverzerrung, 31
- ## P
- P-P (SS), 71
 - Periodenmessung, 49
 - Periodenmittelwertmessung, 49, 50
 - Pfeiltaste „nach links“, 12
 - Pfeiltaste „nach oben“, 12
 - Pfeiltaste „nach rechts“, 12
 - Pfeiltaste „nach unten“, 12
 - Pfeiltasten, 12
 - Phase, 57
 - Phasenfehler kompensieren, 61

Phasenfehler nach Frequenz,
Tabelle, 59
Profilbestimmung, 77
Profiling (Profilbestimmung), 88

R

Range (Bereich),
Grenzwertprüfung, 76
Rauschen, 28
Rauschen verringern, 28
Restart (Neu starten), Taste, 14
Reziproke Zählung, 33

S

Save/Exit (Speichern/Beenden),
Taste, 12
Save/Recall (Speichern/Abrufen),
Untermenü
Dataset (Datensatz), 20
Setup, 20
Total Reset (Vollständiger
Reset), 20
Schneller GPIB-Bus, viii
Schnittstelle, 21
Settings (Einstellungen),
Menü, 16
Arm (Aktivierung), 16
Burst, 16
Meas Time (Messdauer), 16
Misc (Versch.), 18
Stat, 16
Timebase (Zeitbasis), 17
Trigger-Holdoff, 16
Settings (Einstellungen),
Taste, 13, 16
Setup, 20
Setup, Untermenü
Modify Labels
(Bezeichnungen
ändern), 20
Recall Setup (Setup
abrufen), 20
Save Current Setup (Aktuelles
Setup speichern), 20
Setup Protect
(Setup-Schutz), 20

Setup-Schutz, 20
Setup-Zeit, Arming
(Aktivierung), 81
Sicherheitshinweise, iii
Smart Measure (Intelligente
Messung), 18
Spannungsmessungen, 67
Speichern, 20
Speichern/Abrufen, 20
SS-Frequenzabweichung, 46
Standard-Geräteeinstellungen, 91
Standardabweichung, 71
Start Test (Test starten), 21
Stat, 16
Statistik, 70
Statistik und Mathematik, 73
Statistik und
Messgeschwindigkeit, 72
Statistische Messungen, 7
Statistische numerische
Messwerte, 7
Std, 71
Störsignale, 28
Sync.-Verzögerung, 43
Systematische Fehler,
Phasenmessungen, 59

T

Taste „Enter“, 12
Taste „Esc“ und Fernsteuerung, 6

Tasten

Analyze (Analyse), 11
Auto Set (Autom.
Einstellung), 11
Enter, 12
Esc, 12
Hold/Run
(Halten/Starten), 14
Input A (Eingang A), Input B
(Eingang B), 13, 15
Math/Limit
(Math./Grenzwert), 13,
19
Meas (Messen), 10
Navigation, 12
Neu starten, 14
Pfeil, 12
Pfeil „nach links“, 12
Pfeil „nach oben“, 12
Pfeil „nach rechts“, 12
Pfeil „nach unten“, 12
Save/Exit
(Speichern/Beenden), 12
Settings (Einstellungen), 13,
16
Taste „Esc“ und
Fernsteuerung, 6
Tastenfeld, 12
User Opt (Benutzeropt.), 14,
20
Value (Wert), 10
Tasten des Tastenfelds, 12
Test, 21
Test, Untermenü
Modus „Test“, 21
Start Test (Test starten), 21
TIE, 18, 54
Tiefpassfilter, analog, 25
Tiefpassfilter, digital, 25
Tiefpassfilter, Eingang, 25
Time delay (Zeitverzögerung),
Startaktivierung, 78
Time interval (Zeitintervall), 52
Timebase (Zeitbasis), 17
Timeout, 18, 34
Total Reset (Vollständiger
Reset), 20

Totalize (Summe), 62
Totalize (Summe) und Arming (Aktivierung), 64
Trägerfrequenz, 44
Trägerfrequenzmessung, 47
Trendkurvenanzeige, 9
Trigger
 Auto (Wide) Hysteresis (Auto-Hysteresis (Breit)), 31
 beschleunigen von Messungen, 27
 Holdoff, 16
 Hysteresis, 29
 manuellen Triggerwert einstellen, 27
 manueller Trigger, 31
 Oberwellenverzerrung, 31
 Pegeleinstellung, 30
 schmale Hysteresis, 31
 Triggermodus einstellen, 26
 umwandeln eines
 Auto-Triggerpegels in einen manuellen Triggerpegel, 27
 Zeitmessungen, 51

U

Übersteuerung und Impulsabrundung, 55
UL (Oberer Grenzwert), Grenzwertprüfung, 76
umwandeln eines
 Auto-Triggerpegels in einen manuellen Triggerpegel, 27
Ungenauigkeiten (Phase), 58
Unterer Grenzwert, 19
User Opt (Benutzeropt.), Menü, 20
 About (Info), 21
 Digit Blanks (Ausgeblendete Stellen), 21
 Kalibrierung, 20
 Save/Recall (Speichern/Abrufen), 20
 Schnittstelle, 21
 Test, 21
User Opt (Benutzeropt.), Taste, 14

V

Value (Wert), Taste, 10

Veff, 67
Verringern von Störsignalen, 28
Vmax, 67
Vmin, 67
Vorteiler und minimale Messdauer, 35
Vss, 67

W

Werkseitige
 Geräteeinstellungen, 91
Wiederholte Abtastung bei Profilbestimmungsmessungen, 89

X

X (math. Formel), 19

Z

Zeitintervallfehler (TIE), 54
Zeitmessungstrigger, 51
Zufällige Fehler,
 Phasennmessungen, 58
Zusätzliche Bedienelemente für Messungen, 94