

Benutzerhandbuch

TDS3AAM
Erweiterte Analyse
Anwendungsmodul
071-0948-00



071094800

Copyright © Tektronix, Inc. Alle Rechte vorbehalten.

Tektronix-Produkte sind durch erteilte und angemeldete US- und Auslandspatente geschützt. Die Informationen in dieser Broschüre machen Angaben in allen früheren Unterlagen hinfällig. Änderungen der Spezifikationen und der Preisgestaltung vorbehalten.

Tektronix, Inc., P.O. Box 500, Beaverton, OR 97077

TEKTRONIX, TEK, TEKPROBE und TekSecure sind eingetragene Warenzeichen von Tektronix, Inc.

DPX, WaveAlert und e*Scope sind Warenzeichen von Tektronix, Inc.

GARANTIEHINWEIS

Tektronix garantiert, daß die von ihr hergestellten und verkauften Produkte für einen Zeitraum von einem (1) Jahr ab Versanddatum bei einem autorisierten Tektronix-Händler keine Material- und Qualitätsfehler aufweisen. Falls sich ein Produkt innerhalb dieser Frist als mangelhaft erweist, übernimmt Tektronix die Reparatur oder leistet Ersatz gemäß der Angabe in der vollständigen Garantieerklärung.

Zur Inanspruchnahme unseres Kundendienstes oder zur Übersendung der vollständigen Garantieerklärung bitten wir um Anforderung beim nächstgelegenen Tektronix Verkaufs- und Kundendienstbüro.

AUSSERHALB DER ANGABEN IN DIESEM HINWEIS ODER IN DER ENTSPRECHENDEN GARANTIE-ERKLÄRUNG ÜBERNIMMT TEKTRONIX KEINERLEI DIREKTE ODER INDIREKTE GARANTIE JEDLICHER ART, DAZU GEHÖREN, JEDOCH NICHT AUSSCHLIESSLICH, IMPLIZITE GARANTIEN ZUR VERTRIEBSFÄHIGKEIT UND DER EIGNUNG FÜR EINEN BESTIMMTEN ZWECK. TEKTRONIX HAFTET KEINESFALLS FÜR INDIREKTE, BESONDERE ODER NACHFOLGENDE SCHÄDEN.

Ansprechpartner bei Tektronix

Telefon	1-800-833-9200*
Adresse	Tektronix, Inc. Abteilung oder Name (sofern bekannt) 14200 SW Karl Braun Drive P.O. Box 500 Beaverton, OR 97077 USA
Website	www.tektronix.com
Vertriebs- Support	1-800-833-9200, Option 1* wählen
Service- Support	1-800-833-9200, Option 2* wählen
Technischer Support	E-mail: techsupport@tektronix.com 1-800-833-9200, Option 3* wählen 1-503-627-2400 6:00 – 17:00 (Pazifische Zeitzone)

* Innerhalb Nordamerikas ist diese Nummer gebührenfrei. Hinterlassen Sie bitte eine Nachricht nach Büroschluß. Außerhalb Nordamerikas setzen Sie sich bitte mit einem Tektronix-Händler oder einer Tektronix-Niederlassung in Verbindung. Besuchen Sie auch unsere Website, um eine Liste mit Niederlassungen zu erhalten.

Inhalt

Sicherheitshinweise	2
Überblick über das TDS3AAM	5
Installieren des TDS3AAM-Anwendungsmoduls	6
Zugreifen auf die Menüs der erweiterten Analyse	6
Meßfunktionen	8
FFT-Math-Funktionen	12
DPO-Math-Funktionen	22
Fortgeschrittene Math-Funktionen	24
XY-Cursor	31
Anhang A: FFT-Konzepte	40

Sicherheitshinweise

Verwenden Sie dieses Produkt nur gemäß Spezifikation, um jede mögliche Gefährdung auszuschließen. Während der Verwendung dieses Produkts kann es erforderlich werden, auf andere Teile des Systems zuzugreifen. Beachten Sie die *Allgemeinen Sicherheitsangaben* in anderen Systemhandbüchern bezüglich Warn- und Vorsichtshinweisen zum Betrieb des Systems.

Verhinderung von Schäden durch elektrostatische Entladungen



VORSICHT. *Elektrostatische Entladungen (ESD) können Bauteile im Oszilloskop und dessen Zubehör beschädigen. Zur Verhinderung von ESD sind bei entsprechender Anweisung die folgenden Vorsichtsmaßnahmen einzuhalten.*

Erdungsarmband verwenden. Beim Ein- oder Ausbau von empfindlichen Komponenten ist ein geerdetes Antistatik-Armband zu tragen, das die statische Aufladung des Körpers gefahrlos ableitet.

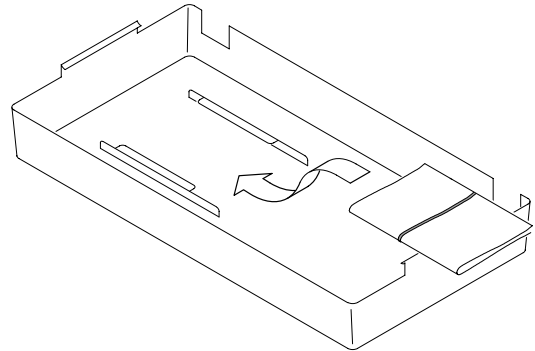
Arbeitsplatz schützen. An Arbeitsplätzen, an denen empfindliche Komponenten ein- oder ausgebaut werden, dürfen sich keine Geräte befinden, die statische Ladungen erzeugen oder sammeln können. Nach Möglichkeit ist auch jeder Umgang mit empfindlichen Komponenten an Plätzen zu vermeiden, deren Tisch- oder Bodenbeläge statische Aufladungen verursachen können.

Komponenten vorsichtig behandeln. Empfindliche Komponenten nicht hin- und herschieben. Blanke Anschlüsse von Steckverbindern nicht berühren. Empfindliche Komponenten möglichst wenig anfassen.

Vorsichtig transportieren und lagern. Empfindliche Komponenten nur in Beuteln oder Behältern transportieren und lagern, die gegen statische Aufladung geschützt sind.

Aufbewahrung des Handbuchs

Im Frontschutzdeckel des Oszilloskops befindet sich ein praktischer Ablageplatz für dieses Handbuch.



Überblick über das TDS3AAM

Dieser Abschnitt gibt einen Überblick über den Funktionsumfang des Anwendungsmoduls TDS3AAM für erweiterte Analysen und beschreibt, wie Sie auf die erweiterten Analysefunktionen zugreifen können.

Das Anwendungsmodul TDS3AAM unterstützt die folgenden Analyseaufgaben:

- DPO-Math.
- Arbiträre Math-Ausdrücke. Ermöglicht Ihnen, Signale mit mathematischen Operationen auf aktiven und Referenzsignalen, Signalmessungen, max. zwei vom Benutzer definierbaren Variablen und arithmetischem Ausdrücken zu erstellen.
- Fast Fourier Transform-(FFT-)Signalanalyse.
- Signalflächen- und Zyklusflächenmessungen.
- Meßstatistik. Fügt min./max. oder mittlere/Standard-Abweichungs-Meßwertanzeigen zu den angezeigten Messungen hinzu.
- XY-Signalcursor.

Installieren des TDS3AAM-Anwendungsmoduls

Anleitungen dazu, wie Sie das Anwendungsmodul TDS3AAM für erweiterte Analysen installieren und testen, finden Sie im Handbuch *TDS3000 & TDS3000B Series Application Module Installation Instructions (Installationsanleitungen für Anwendungsmodulare der Serie TDS3000 und TDS3000B)*.

Zugreifen auf die Menüs der erweiterten Analyse

Das Modul TDS3AAM für erweiterte Analysen stellt neue Funktionen zur Verfügung: Im Menü Messung die Funktionen Fläche, Zyklusfläche und statistische Messung, im Menü Math die Funktionen FFT, DPO-Math und Fortgeschrittene Math und im Menü Cursor die Funktion XY-Cursor. Greifen Sie anhand der folgenden Tabelle auf die Funktionen der erweiterten Analyse zu:

Zugreifen auf die TDS3AAM-Funktionen

Funktion	Taste des Bedienfelds drücken	Taste des unteren Menüs drücken	Taste des seitlichen Menüs drücken
Fläche, Zyklusflächenmessung	MESSUNG	Messung wählen	Taste –Weiter–, bis die Tasten Fläche und Zyklusfläche angezeigt werden. Siehe Seite 8.
Meßstatistik	MESSUNG	Statistik	Für die Auswahl von Min/Max oder Mittel/Standardabweichung. Siehe Seite 9.

Zugreifen auf die TDS3AAM-Funktionen (Forts.)

Funktion	Taste des Bedienfelds drücken	Taste des unteren Menüs drücken	Taste des seitlichen Menüs drücken
FFT	MATH	FFT	Für die Auswahl von Signalquelle, Vertikalskala und FFT-Fenster. Siehe Seite 12.
DPO-Math.	MATH	DPO-Math	Für die Auswahl von Signalquelle und Operator. Siehe Seite 22.
Math.Signal-ausdrücke	MATH	Fortgeschrittene Math	Um einen Math-Ausdruck zu erstellen, definieren Sie einen Variablenwert und Einheiten und zeigen den Math-Ausdruck an. Siehe Seite 24.
XY-Cursor	CURSOR	Funktion	Für die Auswahl von Signal-XY-Cursoren (Sie können das Menü nur im XY-Anzeigemodus sehen). Siehe Seite 31.

Meßfunktionen

Das Anwendungsmodul TDS3AAM bietet in der seitlichen Menüliste Messung wählen nun die Messungen Fläche und Zyklusfläche. Das untere Menü Messung enthält nun eine Taste Statistik. Sie können auf die Menüeinträge der Messungen zugreifen, indem Sie am Bedienfeld die Taste **MESSUNG** drücken.

Flächen und Zyklusflächenmessungen

Unten	Seite	Beschreibung
Messung wählen	Fläche	Spannung/Zeitmessung. Die arithmetische Fläche über dem gesamten Signal oder den getorten Bereich, gemessen in vertikalen Einheitsekunden (z.B. Volt-Sekunden oder Amp.-Sekunden).
	Zyklusfläche	Spannung/Zeitmessung. Die arithmetische Fläche über dem ersten Zyklus des gesamten Signals oder der erste Zyklus im getorten Bereich, gemessen in vertikalen Einheitsekunden (z.B. Volt-Sekunden oder Amp.-Sekunden).

Flächen und Zyklusflächenmessungen (Forts.)

Unten	Seite	Beschreibung
Statistik	AUS	Deaktiviert die Anzeige von statistischen Informationen bei aktiven Messungen.
	Min/Max	Zeigt die minimale und maximale Meßwertanzeige für die einzelnen aktiven Messungen an.
	Mittel/ Standard- abweichung n	Zeigt die Meßwertanzeigen der mittleren und Standardabweichung für jede einzelne aktive Messung an. n ist die Anzahl der Meßwerte für die Berechnung der Werte der mittleren und Standardabweichung und stammt aus dem Bereich zwischen 2 und 1000. Ändern Sie den Wert in Schritten von 1 (fein) oder 10 (grob) mit Hilfe des Mehrzweckknopfs. Der Standardwert ist 32.

Signalpolarität. Bei der Flächenberechnung ist die Signalfäche über Erde positiv und unter Erde negativ.

Signalamplitudenbegrenzung. Um optimale Ergebnisse zu erzielen, achten Sie darauf, daß die Eingangssignale die oberen und unteren Raster des Displays nicht überschreiten (auch Signalamplitudenbegrenzung genannt). Bei Verwendung beschnittener Signale mit Messung oder mathematischen Funktionen können ansonsten falsche Werte nicht ausgeschlossen werden.

Fläche. Die folgende Gleichung veranschaulicht den Algorithmus für die Berechnung der Signalfäche für den gesamten Datensatz oder den getorten Bereich.

Wenn $Start = Ende$, (interpolierten) Wert bei $Start$ zurückgeben. Sonst,

$$Fläche = \int_{Start}^{Ende} Signal(t) dt$$

Zyklusfläche. Die folgende Gleichung veranschaulicht den Algorithmus für die Berechnung der Signalfäche eines Zyklus im Datensatz oder im getorten Bereich.

Wenn $StartZyklus = EndZyklus$, (interpolierten) Wert bei $StartZyklus$ zurückgeben. Sonst,

$$ZyklFläche = \int_{StartZyklus}^{EndZyklus} Signal(t) dt$$

Min/Max. Min/Max zeigt eine minimale und maximale Meßwertanzeige direkt unterhalb einer aktiven Messung an. Das folgende Beispiel veranschaulicht eine minimale/maximale Meßwertanzeige.

Ch1 Freq
15.98 MHz
Min: 15.81MHz
Max: 16.17MHz

Mittel/Standardabweichung. Die Mittel/Standardabweichung zeigt eine Meßwertanzeige der mittleren (μ) und Standardabweichung (σ) direkt unter einer aktiven Messung an. Die mittleren und Standardabweichungswerte sind laufende Berechnungen, d.h. daß die aktuelle Berechnung die Ergebnisse früherer Berechnungen berücksichtigt. Das folgende Beispiel veranschaulicht eine Meßwertanzeige der Mittel/Standardabweichung.

Ch1 Freq
15.98 MHz
 μ : 15.99MHz
 σ : 82.92kHz

Bildschirm-Meßwertanzeigen. Die Meßwertanzeigen für Min/Max und Mittel/Standardabweichung werden direkt unterhalb der Signalmessungen in einem Bereich angezeigt, in dem normalerweise der Qualifikatortext (z.B. niedrige Auflösung) eingeblendet wird. Wenn Sie einen Meßfehler vermuten, schalten Sie die Statistik aus, um zu prüfen, ob das Oszilloskop einen Qualifikatortext anzeigt.

FFT-Math-Funktionen

Das Anwendungsmodul TDS3AAM erweitert den Funktionsumfang des Oszilloskops durch FFT-Messungsfunktionalität (Fast Fourier Transform). Der FFT-Prozeß konvertiert das Zeitbereichssignal (wiederholende oder Einzelschuß-Erfassung) des Oszilloskops mathematisch in seine Frequenzkomponenten und bietet Spektralanalysefunktionalität.

Da Sie schnell einen Blick auf die Frequenzkomponenten und die Spektralform eines Signals werfen können, verfügen Sie über ein leistungsfähiges Werkzeug für Forschung und Analyse. FFT ist ein ausgezeichnetes Hilfsmittel für die Fehlersuche beim:

- Testen der Impulsempfindlichkeit von Filtern und Systemen
- Messen von Oberwellengehalt und -verzerrung in Systemen
- Identifizieren und Lokalisieren von Rausch und Störungsquellen
- Analysieren von Vibrationen
- Analysieren von Oberwellen in 50- und 60-Hz-Leistungsbereichen

Funktionen finden Sie im Menü Math. Um auf die Einträge des Menüs Math-FFT zuzugreifen, drücken Sie am Bedienfeld die Taste **MATH** und danach die untere Taste **FFT**.

Menü Math-FFT

Unten	Seite	Beschreibung
FFT	Quelle	Legt die Quelle fest. Gültige Eingangsquellen sind Ch 1 und Ch 2 (2-Kanal-Geräte), Ch 1 bis Ch 4 (4-Kanal-Geräte) und Ref 1 bis Ref 4 (alle Geräte).
	Vertikale Skala	Legt die Einheiten der vertikalen Skala fest. Als Skala verfügbar sind dBV Eff und Lineare Eff.
	Fenster	Legt fest, welche Fensterfunktion (Hanning, Hamming, Blackman-Harris, oder Rectangular) auf die Quelle angewendet wird. Weitere Informationen über das FFT-Fenster finden Sie auf Seite 40.

Fortgeschrittene FFT. Sie können die FFT-Analyse auf arbiträre mathematische Ausdrücke anwenden. Weitere Informationen finden Sie unter *Fortgeschrittene Math-Funktionen* auf Seite 24.

Lineare Effektivwertskala. Eine lineare Skala ist dann von Vorteil, wenn die Frequenzkomponentengrößen vom Wert her ähnlich sind. Sie ermöglicht Ihnen, Komponenten mit ähnlichen Größenwerten anzuzeigen und direkt zu vergleichen.

dB-Skala. Eine dB-Skala ist dann von Vorteil, wenn die Frequenzkomponentengrößen einen breiten dynamischen Bereich abdecken. Sie ermöglicht Ihnen, Kleiner- und Größer-Größenfrequenzkomponenten auf dem gleichen Display anzuzeigen. Die dBV-Skala zeigt Komponentengrößen mit einer Skala an, die in dB relativ zu $1 V_{\text{eff}}$, wobei $0 \text{ dB} = 1 V_{\text{eff}}$ ist, oder in Quellsignaleinheiten ausgedrückt wird (z.B. Ampere für Strommessungen).

FFT-Analyse aktiver oder gespeicherter Signale. Sie können ein FFT-Signal oder ein beliebiges aktives Signal (periodisch oder Einzelschuß), das letzte erfaßte Signal oder jedes beliebige, im Referenzspeicher gespeicherte Signal anzeigen.

FFT-Fenster. Vier FFT-Fenster (Rectangular, Hamming, Hanning und Blackman-Harris) ermöglichen Ihnen, das optimale Fenster für das Signal zu finden, das Sie gerade analysieren. Das Rectangular-Fenster ist am besten für nichtperiodische Ereignisse, z.B. einmalige Ereignisse, Impulse und Einzelschuß-Erfassungen, geeignet. Die Hamming, Hanning und Blackman-Harris-Fenster eignen sich am besten für periodische Signale. Weitere Informationen über FFT-Fenster finden Sie auf Seite 43.

Positionieren des FFT-Signals. Verwenden Sie die Drehknöpfe Vertikale POSITION und SKALIEREN, um das FFT-Signal vertikal zu verschieben und neu zu skalieren.

FFT und Erfassungsmodi. Im Erfassungsmodus Normal erfaßte Signale haben einen niedrigeren Rauschuntergrund und eine bessere Frequenzauflösung als Signale, die im Modus Fast Trigger erfaßt wurden. Hierfür ist die größere Anzahl der Signalabtastpunkte verantwortlich.


Verwenden Sie die Modi Spitzenwerterfassung und Hüllkurve nicht zusammen mit FFT. Bei den Modi Spitzenwerterfassung und Hüllkurve kann eine signifikante Verzerrung der FFT-Ergebnisse nicht ausgeschlossen werden.

Signale mit DC. Signale mit einer DC-Komponente oder mit DC-Offset können falsche Größenwerte bei FFT-Signalkomponenten hervorrufen. Sie können die DC-Komponente minimieren, indem Sie AC-Kopplung für das Signal auswählen.

Reduzieren von unkorreliertem Rauschen. Um unkorreliertes Rauschen und durch Aliasing verzerrte Komponenten in wiederholenden Signalen zu reduzieren, setzen Sie den Erfassungsmodus auf einen Mittelwert von 16 (oder mehr) Erfassungen. Sie sollten jedoch die Erfassungsmittelung nicht verwenden, wenn Sie Frequenzen auflösen, die nicht mit der Triggerrate synchronisiert sind.

Messen von Störspitzen. Verwenden Sie für transiente (Impuls, Einzelschuß) Signale die Trigger-Steuerung des Oszilloskops, um die Signalimpulsinformationen auf dem Display zu zentrieren.

Zoomen eines FFT-Displays. Verwenden Sie die Taste

Zoom  zusammen mit den Bedienelementen Horizontale POSITION und SKALIEREN, um die FFT-Signale zu vergrößern und zu positionieren. Wenn Sie den Zoom-Faktor ändern, wird das FFT-Signal horizontal über dem vertikalen Raster und vertikal über dem Marker des berechneten Signals vergrößert. Das Zoomen hat keine Auswirkungen auf die Ist-Zeitbasis oder die Einstellungen der Triggerposition.

HINWEIS. *FFT-Signale werden mit Hilfe des gesamten Quellsignaldatensatzes berechnet. Das Zoomen eines der Quellsignale oder des FFT-Signals bietet zwar eine höhere Display-Auflösung, berechnet jedoch das FFT-Signal für diesen Bereich nicht neu.*

Messen von FFT-Signalen mit Hilfe von Cursorsn. Sie können Cursor für zwei Messungen von FFT-Signalen verwenden: Größe (in dB oder Einheiten der Signalquelle) und Frequenz (in Hz). Die dB-Größe verweist auf 0 dB, wobei 0 dB gleich $1 V_{\text{eff}}$ ist. Verwenden Sie horizontale Cursor (H-Balken) für die Messung von Größe und vertikale Cursor (V-Balken) für die Frequenzmessung.

Anzeigen eines FFT-Signals

So zeigen Sie ein FFT-Signal an:

1. Stellen Sie Vertikal SKALIEREN des Quellsignals so ein, daß die Signalspitzen noch auf dem Bildschirm sind. Nicht auf dem Bildschirm befindliche Signalspitzen können FFT-Signalfehler verursachen.
2. Stellen Sie Horizontal SKALIEREN so ein, daß mindestens fünf Signalzyklen angezeigt werden. Wenn mehr Zyklen angezeigt werden, kann das FFT-Signal mehr Frequenzkomponenten anzeigen, eine bessere Frequenzauflösung bieten und das Aliasing reduzieren (Seite 45).

Ist das Signal ein Einzelschußsignal (einmalig), achten Sie darauf, daß das gesamte Signal (einmaliges Ereignis und Überswingen oder Rauschen) zentriert auf dem Bildschirm eingeblendet wird.

3. Drücken Sie die vertikale Taste **MATH**, um das Menü Math anzuzeigen. Wenn Sie das Kurzmenü des Oszilloskops aufgerufen haben, drücken Sie die Taste **MENU OFF** und danach die Taste **MATH**.
4. Drücken Sie die Taste **FFT**, um das seitliche Menü FFT anzuzeigen.
5. Wählen Sie die Signalquelle aus. Sie können ein FFT auf jedem beliebigen Kanal oder gespeichertem Referenzsignal anzeigen.
6. Wählen Sie die geeignete Vertikalskala (Seite 13) und das FFT-Fenster (Seite 43) aus.
7. Verwenden Sie die Zoom-Bedienelemente, um zu vergrößern, und die Cursor, um das FFT-Signal zu messen (Seite 16).

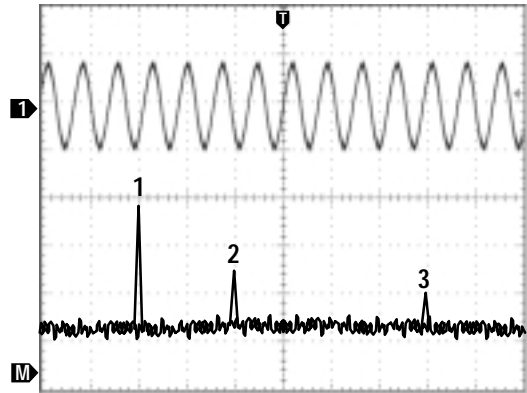
FFT-Beispiel 1

Ein reines Sinussignal kann zur Messung der Verzerrung in einen Verstärker eingegeben werden. Die Verstärkerverzerrung führt Oberwellen in die Verstärkerausgabe ein. Durch Anzeigen des FFT der Ausgabe kann festgestellt werden, ob eine Kleinsignalverzerrung vorhanden ist.

Verwenden Sie ein 20-MHz-Signal als Verstärker-Testsignal. Stellen Sie die Oszilloskop und FFT-Parameter gemäß der folgenden Tabelle ein:

Einstellungen von FFT-Beispiel 1

Bedienelement	Einstellung
CH 1 Kopplung	AC
Erfassungsmodus	Mittelwert 16
Horizontale Auflösung	Normal (10 K Punkte)
Horizontal SKALIEREN	100 ns
FFT Quelle	Ch 1
FFT Vertikale Skala	dBV
FFT Fenster	Blackman-Harris



Die erste Komponente bei 20 MHz (Abbildung Beschriftung 1) ist die Grundfrequenz des Quellsignals. Das FFT-Signal zeigt außerdem eine Oberwelle zweiter Ordnung bei 40 MHz (2) und eine Oberwelle vierter Ordnung bei 80 MHz (3) an. Das Vorhandensein der Komponenten 2 und 3 ist ein Hinweis darauf, daß das System das Signal verzerrt. Die gerade Oberwelle läßt eine mögliche Differenz in der Signalverstärkung in der Hälfte des Signalzyklus vermuten.

FFT-Beispiel 2

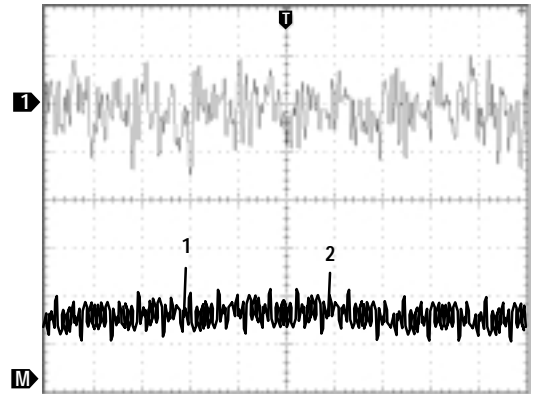
Mit einem Oszilloskop kann problemlos Rauschen in einer Mischschaltung (digital/analog) beobachtet werden. Die Quellen des beobachteten Rauschens lassen sich jedoch nur schwer ermitteln.

Signal zeigt den Frequenzanteil des Rauschens an. Sie können diese Frequenzen bekannten Systemfrequenzen zuordnen, z.B. Systemtakt, Oszillatoren, Lese/Schreibstroben, Anzeigesignale oder Stromquellenwechsel.

Die höchste Frequenz des Beispielsystems ist 40 MHz. Um dieses Beispielsignal zu analysieren, stellen Sie die Oszilloskop und FFT-Parameter gemäß der folgenden Tabelle ein:

Einstellungen von FFT-Beispiel 2

Bedienelement	Einstellung
CH 1 Kopplung	AC
Erfassungsmodus	Sample
Horizontale Auflösung	Normal (10 K Punkte)
Horizontal SKALIEREN	4,00 μ s
Bandbreite	150 MHz
FFT Quelle	Ch 1
FFT Vertikale Skala	dBV
FFT Fenster	Hanning



Beachten Sie die Komponente bei 31 MHz (Abbildung Beschriftung 1). Sie stimmt mit einem 31-MHz-Speicherstrobensignal im Beispielsystem überein. Die Frequenzkomponente bei 62 MHz (Abbildung Beschriftung 2) ist die zweite Oberwelle des Strobsignal.

DPO-Math-Funktionen

Das Anwendungsmodul TDS3AAM ermöglicht nun Zweifachsignalberechnungen für DPO-Signale. Das resultierende DPO-Math-Signal enthält Intensitäts- oder Grauskalainformationen, die wie ein analoges Oszilloskop die Signalintensität dort erhöhen, wo die Signalverfolgung am häufigsten anzutreffen ist. Dadurch erhalten Sie zusätzliche Informationen über das Signalverhalten. Für den Zugriff auf das Menü DPO-Math drücken Sie am Bedienfeld die Taste **MATH** und danach die untere Taste **DPO-Math**.

Menü DPO-Math

Unten	Seite	Beschreibung
DPO-Math	1. Quelle	Wählt das erste Quellsignal.
	Operator	Wählt den math. Operator: +, - oder X
	2. Quelle	Wählt das zweite Quellsignal aus.

Intensität. Steuern Sie mit dem Drehknopf SIGNAL-INTENSITÄT des Bedienfelds die Gesamtsignalintensität sowie die Dauer der Anzeige der Signaldaten auf dem Bildschirm.

Erfassungsmodi. Änderungen des Erfassungsmodus haben Auswirkungen auf alle Eingangskanalquellen mit Ausnahme von DPO-Math und ändern daher alle berechneten Signale, die sie verwenden. Beispiel: Wenn der Erfassungsmodus auf Hüllkurve gesetzt ist, empfängt ein berechnetes Ch1 + Ch2-Signal eingehüllte Kanal-1- und Kanal-2-Daten. Daraus resultiert ein eingehülltes berechnetes Signal.

Löschen von Daten. Wenn Daten aus einer Signalquelle gelöscht werden, wird so lange ein Nullsignal an alle berechneten Signale dieser Quelle übergeben, bis sie neue Daten erhält.

Fortgeschrittene MathFunktionen

Das Anwendungsmodul TDS3AAM ermöglicht Ihnen, selbst einen berechneten Signalausdruck zu erstellen, der aktive und Referenzsignale, Messungen und/oder numerische Konstanten beinhalten kann. Für den Zugriff auf das Menü Fortgeschrittene Math drücken Sie am Bedienfeld die Taste **MATH** und danach die untere Taste **Fortgeschrittene Math**.

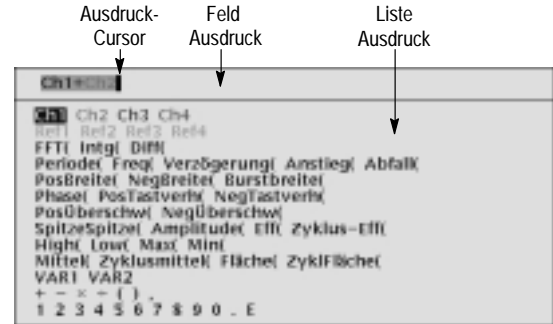
Menü Fortgeschrittene Math

Unten	Seite	Beschreibung
Fortgeschrittene Math	Ausdruck bearbeiten	Zeigt einen Bildschirm an, in dem Sie den Ausdruck erstellen oder bearbeiten können, der das berechnete Signal definiert. Siehe Seite 25.
	VAR1, VAR2 n.nnnn E nn	Weist zwei Variablen numerische Werte zu. Sie können diese Variablen als Teil eines Ausdrucks verwenden. Drücken Sie die seitliche Menütaste, um das Basisfeld (n.nnn) bzw. das Exponentfeld (nn) auszuwählen. Die Werte werden mit Hilfe des Mehrzweckknopfs eingegeben.
	Einheiten definieren	Zeigt einen Bildschirm an, in dem Sie benutzerdefinierte Einheitenbeschriftungen eingeben können. Diese Beschriftungen ersetzen den unbekanntenen Anzeigewert „?“.

Menü Fortgeschrittene Math (Forts.)

Unten	Seite	Beschreibung
Fortgeschrittene Math (Forts.)	Ausdruck anzeigen	Zeigt den aktuellen fortgeschrittenen Math-Ausdruck auf dem Raster an.

Bildschirm Math-Ausdruck bearbeiten. Im Bildschirm Ausdruck bearbeiten können Sie arbiträre Math-Ausdrücke bearbeiten. Eine Beschreibung der Bedienelemente von Ausdruck bearbeiten finden Sie auf Seite 26.



Bildschirm Ausdruck bearbeiten

Menüoption	Beschreibung
Ausdruck-Cursor	Position in einem Ausdruckfeld, an der das nächste Ausdruckelement eingegeben wird.
Feld Ausdruck	Bereich, in dem die eingegebenen Ausdruckelemente angezeigt werden. Maximal 127 Zeichen sind möglich.
Liste Ausdruck	Liste der verfügbaren Elemente. Verwenden Sie den Mehrzweckknopf, um ein Element auszuwählen. Sie können nur die Elemente auswählen, die die korrekte Syntax für den aktuellen Math-Ausdruck haben. Elemente, die nicht ausgewählt werden können, werden abgeblendet angezeigt. Weitere Informationen über Ausdruckelemente finden Sie auf Seite 27.

Bedienelemente von Ausdruck bearbeiten. Der Bildschirm Ausdruck bearbeiten bietet Bedienelemente und Menüpunkte für die Erstellung von Math-Ausdrücken. Die folgende Tabelle beschreibt die Bedienelemente von Ausdruck bearbeiten.

Bedienelemente von Ausdruck bearbeiten

Bedienelement	Beschreibung
Mehrzweckknopf	Wählt ein Element in der Ausdruckliste aus (markiert das Element).
Taste Auswahl eingeben	Fügt das ausgewählte Element zum Ausdruckfeld hinzu. Alternativ können Sie die Taste AUSWAHL des Bedienfelds verwenden.

Bedienelemente von Ausdruck bearbeiten (Forts.)

Bedienelement	Beschreibung
Rücktaste	Löscht das letzte eingegebene Element aus dem Ausdruckfeld.
Taste Entfernen	Entfernt (löscht) das gesamte Ausdruckfeld.
Taste OK Annehmen	Schließt den Bildschirm Ausdruck bearbeiten und zeigt das berechnete Math-Signal an.
Taste MENU OFF	Schließt den Bildschirm Ausdruck bearbeiten und kehrt zum vorherigen Menü zurück, ohne den Math-Ausdruck zu ändern.

Liste Ausdruck. Die folgende Aufstellung bietet weitere Informationen über die Elemente der Liste Ausdruck.

Liste Ausdruck

Menüoption	Beschreibung
Ch1-Ch4 Ref1-Ref4	Gibt eine Signaldatenquelle an.
FFT(, Intg(, Diff(Führt eine Fast Fourier Transform-, Integrations- oder Differenzierungsoperation mit dem folgenden Ausdruck durch. Der FFT-Operator muß der erste (äußerste linke) Operator in einem Ausdruck sein. Alle Operationen müssen mit einer runden Klammer abgeschlossen werden.

Liste Ausdruck (Forts.)

Menüoption	Beschreibung
Periode(- Zyklfläche(Führt die ausgewählte Meßoperation mit dem darauffolgenden (aktiven oder Referenz)-Signal durch. Alle Operationen müssen mit einer runden Klammer abgeschlossen werden.
Var1, Var2	Fügt die benutzerdefinierte Variable zum Ausdruck hinzu.
+, -, ×, ÷	Führt eine Addition, Subtraktion, Multiplikation oder Division mit dem darauffolgenden Ausdruck durch. + und – sind zudem unär. Verwenden Sie zum Negieren des folgenden Ausdrucks.
() ,	Mit runden Klammern kann die Auswertungsreihenfolge in einem Ausdruck gesteuert werden. Mit dem Komma werden die Signale „von“ und „bis“ in Verzögerungs und Phasemessungen getrennt.
1-0, ., E	Gibt einen numerischen Wert in wissenschaftlicher Schreibweise an (optional).

Benutzerdefinierte Variable. Mit diesem Leistungsmerkmal können Sie zwei Variablen definieren, z.B. Math-Konstanten, und als Bestandteil eines Math-Ausdrucks verwenden. Mit der seitlichen Menütaste können Sie zwischen dem numerischen Feld und dem Feld mit der wissenschaftlichen Schreibweise (E) umschalten. Die Werte werden mit Hilfe des Mehrzweckknopfs in die Felder eingegeben. Drücken Sie die Taste **GROB-EINSTELLUNG** am Bedienfeld, um größere Zahlen rasch in das numerische Feld einzugeben.

Bedienelemente von Math.-Einh. bearbeiten. Der Bildschirm Math.-Einh. bearbeiten bietet Bedienelemente und Menüpunkte für die Erstellung eigener Einheiten für Math-Ausdrücke. Wenn das Oszilloskop die horizontalen oder vertikalen Einheiten für eine Messung nicht ermitteln kann, zeigt es das Zeichen für undefinierte Einheiten (?) an. Die Funktion für benutzerdefinierte Einheiten ersetzt das horizontale oder vertikale Zeichen für undefinierte Einheiten nur bei berechneten Signalen.

Die folgende Tabelle beschreibt die Bedienelemente von Math.-Einh. bearbeiten.

Bedienelemente von Math.-Einh. bearbeiten

Bedienelement	Description
Mehrzweckknopf.	Wählt ein Zeichen in der Beschriftungsliste aus (markiert es).
Pfeil oben Pfeil unten	Wählt die vertikale oder horizontale Beschriftung im Feld für die Einheitbeschriftung aus.
Taste OK Annehmen	Schließt den Bildschirm Math.-Einh. bearbeiten und zeigt das Menü Math an.
Taste Zeichen eingeben	Fügt das ausgewählte Zeichen an der Cursorposition in das Feld für die Einheit ein.
Pfeil links, Pfeil rechts	Verschiebt den Cursor des Einheitbeschriftung-Felds nach links oder rechts.

Bedienelemente von Math.-Einh. bearbeiten (Forts.)

Bedienelement	Description
Rücktaste	Löscht das Zeichen links neben der Cursorposition.
Taste Löschen	Löscht das Zeichen an der Cursorposition im Einheitbeschriftung-Feld.
Taste Entfernen	Entfernt (löscht) alle Zeichen im aktuellen Einheit-Feld (horizontal oder vertikal).
Taste MENU OFF	Schließt den Bildschirm Math.-Einh. bearbeiten und kehrt zum vorherigen Menü zurück, ohne die benutzerdefinierten Einheiten zu übernehmen.

Math-Ausdruck Beispiel.

Der folgende Ausdruck berechnet die Energie in einem Signal, wobei Ch1 in Volt und Ch2 in Ampere dargestellt ist:

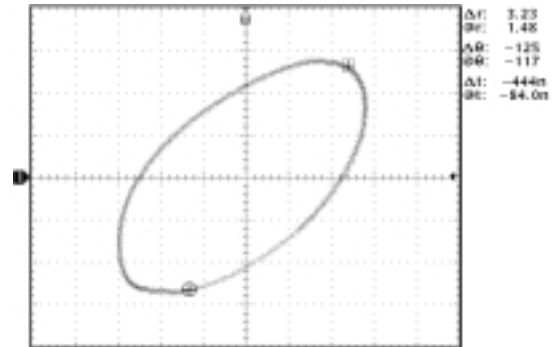
$\text{Intg}(\text{Ch1} \times \text{Ch2})$

Eine Flächenmessung des resultierenden Signals zeigt den Signal-Leistungswert an.

XY-Cursor

Das Anwendungsmodul TDS3AAM bietet nun XY- und XYZ-Cursor für Signalmessungen. Die Cursorfunktionen sind Bestandteil des Menü Cursor. Sie müssen ein XY-Signal anzeigen (**ANZEIGE > XY-Anzeige > Getriggert XY** (oder **Gatter XYZ**)), um auf die Einträge des Menüs XY-Cursor zuzugreifen.

Die folgende Abbildung veranschaulicht XY-Cursor im Signalmodus mit Polar-Meßwertanzeigen.



Menü XY-Cursor

Unten	Seite	Beschreibung
Funktion	Aus	Schaltet die XY-Cursor aus.
	Signal	Schaltet Signal oder Raster-cursormodi ein. Wählen Sie den zu bewegendenden Cursor (d.h. den aktiven Cursor) mit Hilfe der Taste AUSWAHL am Bedienfeld aus.
	Raster	Verwenden Sie den Mehrzweckknopf, um den aktiven Cursor zu verschieben.
Modus	Unabhängig	Konfiguriert die Cursor so, daß sie sich unabhängig bewegen.
	Gekoppelt	Richtet beide Cursor so ein, daß sie sich bewegen, wenn der Referenz-Cursor ausgewählt ist.
Meßwert-anzeige	Rectangular	Zeigt Werte an und zwischen den Cursorpositionen als X- und Y-Anzeigen an.
	Polar	Zeigt Werte an und zwischen den Cursorpositionen als Radius und Winkel-Anzeigen an.
	Produkt	Zeigt Produktwerte des aktiven Cursors und den Differenzvektor der beiden Cursor an.
	Verhältnis	Zeigt Verhältnisswerte des aktiven Cursors und den Differenzvektor der beiden Cursor an.

0, 0 Ursprung. Der XY-Signalursprung ist der 0-Volt-Punkt eines Quellsignals. Durch Positionieren der 0-Volt-Punkte des Quellsignals auf dem vertikalen Mittenraster wird der Ursprung in der Mitte des Bildschirms angezeigt. Alle Ist-Messungen (@) beziehen sich auf den 0, 0 Ursprung des XY-Signals und zeigen den Wert des aktiven Cursors an.

Signalmodus. Der Signalformmodus verwendet Cursor, um die Signal-Istdaten zu messen und die X- und Y-Werte und Einheiten zu bestimmen. Im Signalmodus sind die XY-Cursor dauerhaft auf dem XY-Signal gesperrt und können nicht außerhalb des XY-Signals positioniert werden.

Rastermodus. Die Funktion Raster verbindet die Bildschirmcursorposition nicht mit Signaldaten. Das Display ähnelt vielmehr einem Stück Diagrammpapier, wobei die Werte der Unterteilungen von der Vertikalskala der einzelnen Kanäle festgelegt werden. Die Raster-Cursoranzeigen blenden den XY-Wert des Bildschirms, jedoch keine Signaldaten, ein. Da Raster-Cursor nicht mit Signaldaten assoziiert sind, sind die Cursor nicht auf dem XY-Signal gesperrt und können an einer beliebigen Stelle des Rasters positioniert werden.

Alle Anzeigetypen (Polar, Rectangular, Produkt und Verhältnis) stehen in den Signal und Raster-Cursor-Modi zur Verfügung. Im Rastermodus werden jedoch keine Zeitanzeigen eingeblendet, da die Cursor den Signaldatensatz nicht messen.

Ausschalten des XY-Cursors. Für den Zugriff auf die XY-Cursor drücken Sie zunächst die Taste CURSOR am Bedienfeld. Drücken Sie dann die seitliche Menütaste Cursor-Funktion **Aus**.

Referenz- und Delta-Cursor. Sowohl im Signal als auch im Rastermodus werden zwei XY-Cursor verwendet: ein Referenz-Cursor (\boxplus), und ein Delta-Cursor (\oplus). Alle Differenzmessungen werden vom Referenz-Cursor zum Delta-Cursor (Δ) vorgenommen.

Umschalten zwischen XY- und YT-Anzeige. Sie können aus dem XY-Anzeigemodus in den YT-Anzeigemodus (und umgekehrt) schalten, um die Position der Signal-Cursor im YT-Signal einzusehen. Das Signaldatensatz-Symbol am oberen Rand des Rasters veranschaulicht außerdem die relativen Cursorpositionen der Signal-Cursor im Signaldatensatz.

Signalquellen. Sie können XY-Cursor in aktiven Erfassungen, Einzelfolgenerfassungen und Referenzsignalen verwenden. Sie müssen die beiden XY-Quellsignale speichern, um ein XY-Signal erneut zu erstellen. Das X-Achsensignal muß in Ref1 gespeichert werden.

Rectangular-Meßwertanzeigen.

Rectangular-Meßwertanzeigen bieten die folgenden Informationen:

$\Delta X, \Delta Y$	Die X- und Y-Differenz zwischen Referenz- und Delta-Cursor. Ein negativer X-Wert bedeutet, daß sich der Delta-Cursor links vom Referenz-Cursor auf der X-Achse befindet. Ein negativer Y-Wert bedeutet, daß sich der Delta-Cursor unter dem Referenz-Cursor auf der Y-Achse befindet.
@X, @Y	Die X- und Y-Istwerte des aktiven (ausgewählten Cursors).
Δt (Signalmodus)	Die Zeit zwischen Referenz- und Delta-Cursor. Ein negativer Wert bedeutet, daß der Delta-Cursor vor dem Referenz-Cursor im Signaldatensatz auftritt.
@t (Signalmodus)	Die Zeit zwischen Trigger-Punkt und aktivem Cursor. Ein negativer Wert bedeutet, daß der aktive Cursor vor dem Trigger-Punkt im Signaldatensatz auftritt.

Das folgende Beispiel veranschaulicht Rectangular-Meßwertanzeigen im Signalmodus:

$\Delta X: 1.43V$ @X: -140mV
 $\Delta Y: 2.14V$ @Y: 480mV
 $\Delta t: -660ns$ @t: 1.61 μs

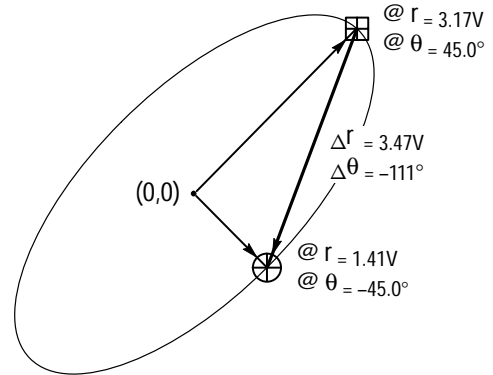
Polar-Meßwertanzeigen. Die Polar-Meßwertanzeige bietet die folgenden Informationen:

$\Delta r, \Delta \theta$	Radius und Winkel zwischen Referenz- und Delta-Cursor.
@r, @ θ	Radius und Winkel zwischen XY-Signalursprung und dem aktiven (ausgewählten) Cursor.
Δt (Signalmodus)	Die Zeit zwischen Referenz- und Delta-Cursor. Ein negativer Wert bedeutet, daß der Delta-Cursor vor dem Referenz-Cursor im Signaldatensatz auftritt.
@t (Signalmodus)	Die Zeit zwischen Trigger-Punkt und aktivem Cursor. Ein negativer Wert bedeutet, daß der aktive Cursor vor dem Trigger-Punkt im Signaldatensatz auftritt.

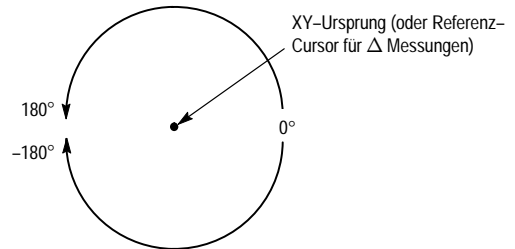
Das folgende Beispiel veranschaulicht Polar-Meßwertanzeigen im Signalmodus:

$\Delta r: 2.90V$ @r: 1.27V
 $\Delta \theta: 32.6^\circ$ @ $\theta: 179^\circ$
 $\Delta t: -4.20\mu s$ @t: 8.36 μs

Die folgende Abbildung veranschaulicht anhand eines Beispiels, wie das Oszilloskop den Differenzvektor aus den Radius- und Winkelwerten der beiden Cursor berechnet.



Die folgende Abbildung zeigt, wie das Oszilloskop die Polarwinkelwerte ermittelt.



Produkt-Meßwertanzeigen. Produkt-Meßwertanzeigen bieten die folgenden Informationen:

$\Delta X \times \Delta Y$	Das Produkt der Multiplikation der X-Komponente des Differenzvektors mit der Y-Komponente des Differenzvektors.
$@X \times @Y$	Das Produkt der Multiplikation des X-Werts des aktiven Cursors mit dem Y-Wert des aktiven Cursors.
Δt (Signalmodus)	Die Zeit zwischen Referenz- und Delta-Cursor. Ein negativer Wert bedeutet, daß der Delta-Cursor vor dem Referenz-Cursor im Signaldatensatz auftritt.
$@t$ (Signalmodus)	Die Zeit zwischen Trigger-Punkt und aktivem Cursor. Ein negativer Wert bedeutet, daß der aktive Cursor vor dem Trigger-Punkt im Signaldatensatz auftritt.

Das folgende Beispiel veranschaulicht Produkt-Meßwertanzeigen im Signalmodus:

$\Delta X \times \Delta Y$: 7.16VV
 $@X \times @Y$: 1.72VV
 Δt : -4.68 μ s $@t$: 8.84 μ s

Verhältnis-Meßwertanzeigen. Verhältnis-Anzeigen bieten die folgenden Informationen:

$\Delta X \div \Delta Y$	Das Verhältnis der Y-Komponente des Differenzvektors dividiert durch die X-Komponente des Differenzvektors.
$@X \div @Y$	Das Verhältnis des Y-Werts des aktiven Cursors dividiert durch den X-Wert des aktiven Cursors.
Δt (Signalmodus)	Die Zeit zwischen Referenz- und Delta-Cursor. Ein negativer Wert bedeutet, daß der Delta-Cursor vor dem Referenz-Cursor im Signaldatensatz auftritt.
$@t$ (Signalmodus)	Die Zeit zwischen Trigger-Punkt und aktivem Cursor. Ein negativer Wert bedeutet, daß der aktive Cursor vor dem Trigger-Punkt im Signaldatensatz auftritt.

Das folgende Beispiel veranschaulicht Verhältnis-Meßwertanzeigen im Signalmodus:

$\Delta Y \div \Delta X$: 1.22VV
 $@Y \div @X$: 1.10VV
 Δt : -4.68ms $@t$: 8.84ms

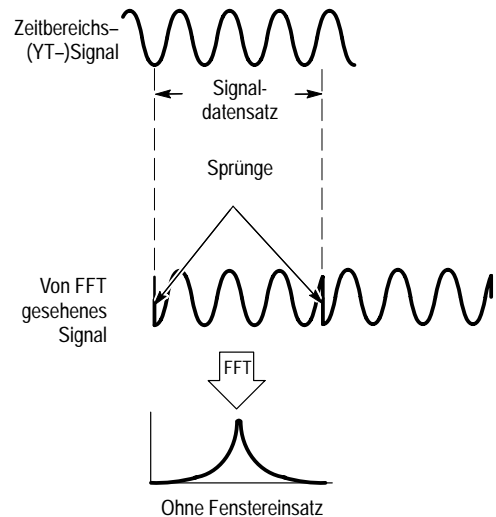
Anhang A: FFT-Konzepte

Dieser Anhang bietet weitere Informationen zur FFT-Operation und Theorie.

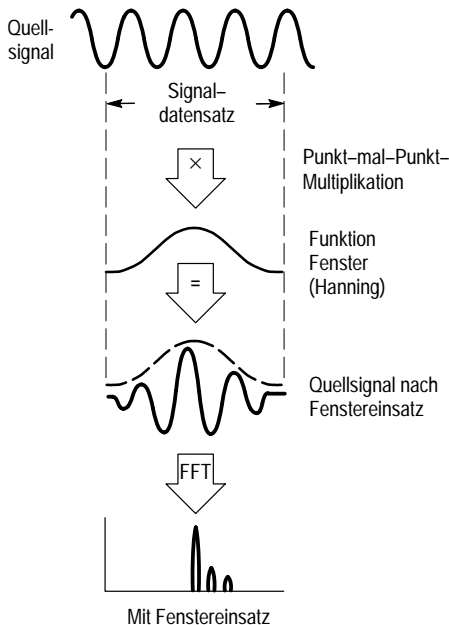
FFT-Fenster

Der FFT-Prozeß nimmt an, daß der Teil des Signaldatensatzes, der für die FFT-Analyse hinzugezogen wird, ein wiederholendes Signal darstellt, das bei oder in der Nähe von Null Volt beginnt und endet (d.h., daß der Signaldatensatz eine ganzzahlige Anzahl von Zyklen enthält). Wenn ein Signal bei der gleichen Amplitude beginnt und endet, weist die Signalform keine künstlichen Sprünge auf und sowohl die Frequenz als auch die Amplitudeninformationen sind korrekt.

Eine nicht ganzzahlige Anzahl Zyklen im Signaldatensatz bewirkt unterschiedliche Amplituden des Anfangs und Endpunkts des Signals. Die Übergänge zwischen Start und Endpunkt verursachen Sprünge im Signal, die Hochfrequenz-Störspitzen einführen. Diese Störspitzen fügen falsche Frequenzinformationen zum Frequenzbereichsdatensatz hinzu.



Durch Anwendung einer Fensterfunktion auf den Quellsignaldatensatz wird das Signal geändert, so daß die Start- und Stop-Werte nahe beieinander liegen und FFT-Signalsprünge reduziert werden. Das resultierende FFT-Signal stellt die Quellsignal-Frequenzkomponenten genauer dar. Die „Form“ des Fensters legt fest, wie gut es die Frequenz und Größeninformationen auflöst.



Merkmale der FFT-Fenster

Das FFT-Anwendungsmodul bietet vier FFT-Fenster. Jedes Fenster stellt einen Kompromiß zwischen Frequenzauflösung und Größengenauigkeit dar. Was Sie messen möchten und die Eigenschaften des Quellsignals helfen Ihnen bei der Auswahl des Fensters. Wählen Sie das beste Fenster anhand der folgenden Hinweise aus.

Merkmale der FFT-Fenster

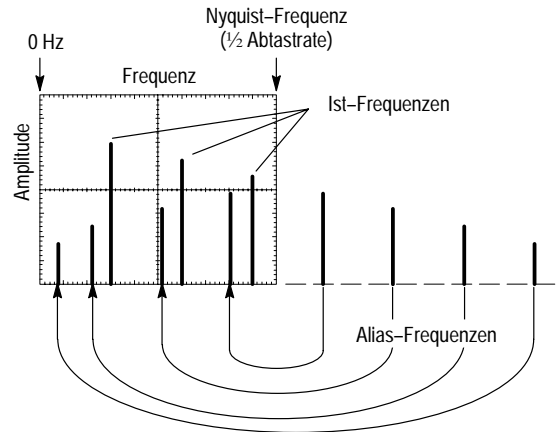
FFT-Fenster	Merkmal	Das beste Fenster für Messungen
Blackman-Harris	Bestes Fenster für Größe, schlechteste für die Auflösung von Frequenzen.	Vor allem Einzelfrequenzsymbole, um Oberwellen höheren Grads zu suchen.
Hamming, Hanning	Höhere Frequenz, geringere Größengenauigkeit als Rectangular. Hamming bietet eine geringfügig bessere Frequenzauflösung als Hanning.	Sinus, periodisches und zufälliges Schmalbandrauschen. Störspitzen oder Bursts, wobei die Signalpegel vor und nach dem Ereignis signifikante Unterschiede aufweisen.

Merkmale der FFT-Fenster (Forts.)

FFT-Fenster	Merkmal	Das beste Fenster für Messungen
Rectangular	Beste Frequenz, schlechteste Größenaufösung. Liefert im Grunde ein Ergebnis, das auch ohne Auswahl eines Fensters erzielt wird.	Störspitzen oder Bursts, wobei die Signallevel vor und nach dem Ereignis fast gleich sind. Sinuswellen gleicher Amplitude mit sehr ähnlichen Frequenzen. Zufälliges Breitbandrauschen mit einem sich relativ langsam ändernden Spektrum.

Aliasing

Probleme treten auf, wenn das Oszilloskop ein Signal erfasst, das Frequenzkomponenten enthält, die größer als die Nyquist-Frequenz sind (1/2 der Abtastrate). Die Frequenzkomponenten oberhalb der Nyquist-Frequenz weisen eine ungenügende Abtastrate auf und scheinen sich um die rechte Kante des Rasters „zu wickeln“. Sie werden im FFT-Signal als untere Frequenzkomponenten angezeigt. Diese nicht korrekten Komponenten werden Aliase genannt.



Um die Nyquist-Frequenz des aktiven Signals zu ermitteln, drücken Sie die Menütaste ERFASSEN. Das Oszilloskop zeigt die aktuelle Abtastrate unten rechts auf dem Bildschirm an. Die Nyquist-Frequenz entspricht der Hälfte der Abtastrate. Beispiel: Ist die Abtastrate 25,0 MS/s, beträgt die Nyquist-Frequenz 12,5 MHz.

Sie können Aliase reduzieren oder beseitigen, indem Sie die Abtastrate erhöhen. Stellen Sie zu diesem Zweck unter Horizontal SKALIEREN eine schnellere Frequenz ein. Da Sie die Nyquist-Frequenz erhöhen, wenn Sie die horizontale Frequenz erhöhen, müßten die Alias-Frequenzkomponenten mit der korrekten Frequenz angezeigt werden. Wenn die erhöhte Anzahl von Frequenzkomponenten auf dem Bildschirm die Messung einzelner Komponenten erschwert, können Sie das FFT-Signal mit Hilfe der Zoom-Taste vergrößern.

Sie können außerdem einen Filter für das Quellsignal verwenden, um die Bandbreite des Signals auf Frequenzen unterhalb der Nyquist-Frequenz zu beschränken. Wenn die Komponenten, die Sie interessieren, unterhalb der Bandbreiteneinstellungen (20 MHz und 150 MHz) des integrierten Oszilloskops liegen, setzen Sie die Bandbreite des Quellsignals auf den geeigneten Wert. Drücken Sie unter Vertikal die Taste MENU, um auf das Quellkanal-Bandbreitenmenü zuzugreifen.