FCA3000 および FCA3100 シリーズ・タイマ/カウン タ/アナライザ MCA3000 シリーズ・マイクロ波カウンタ/アナライザ ユーザ・マニュアル





077-0503-01

FCA3000 および FCA3100 シリーズ・タイマ/カウンタ /アナライザ MCA3000 シリーズ・マイクロ波カウンタ/アナライザ ユーザ・マニュアル



www.tektronix.com 077-0503-01 Copyright © Tektronix. All rights reserved. 使用許諾ソフトウェア製品は、Tektronix またはその子会社や供給者が所有するもので、米国著作権法および国際条約の規定によって保護されています。

Tektronix 製品は、登録済および出願中の米国その他の国の特許等により保護されています。本書の内容は、既に発行されている他の資料の内容に代わるものです。また、本製品の仕様および価格は、予告なく変更させていただく場合がございますので、予めご了承ください。

TEKTRONIX および TEK は Tektronix, Inc. の登録商標です。

TimeView は Pendulum AB の商標です。

Tektronix 連絡先

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

製品情報、代理店、サービス、およびテクニカル・サポート:

- 北米内:1-800-833-9200 までお電話ください。
- = 世界の他の地域では、www.tektronix.com にアクセスし、お近くの代理店をお探しください。

保証

当社では、本製品において、出荷の日から3年間、材料およびその仕上がりについて欠陥がないことを保証 します。この保証期間中に製品に欠陥があることが判明した場合、当社では、当社の裁量に基づき、部品お よび作業の費用を請求せずに当該欠陥製品を修理するか、あるいは当該欠陥製品の交換品を提供します。 保証時に当社が使用する部品、モジュール、および交換する製品は、新しいパフォーマンスに適応するため に、新品の場合、または再生品の場合もあります。交換したすべての部品、モジュール、および製品は当社 で保有されます。

本保証に基づきサービスをお受けいただくため、お客様には、本保証期間の満了前に当該欠陥を当社に通知していただき、サービス実施のための適切な措置を講じていただきます。お客様には、当該欠陥製品を梱包していただき、送料前払いにて当社指定のサービス・センターに送付していただきます。本製品がお客様に返送される場合において、返送先が当該サービス・センターの設置されている国内の場所であるときは、当社は、返送費用を負担します。しかし、他の場所に返送される製品については、すべての送料、関税、税金その他の費用をお客様に負担していただきます。

本保証は、不適切な使用または不適切もしくは不十分な保守および取り扱いにより生じたいかなる欠陥、故障または損傷にも適用されません。当社は、以下の事項については、本保証に基づきサービスを提供する義務を負いません。a)当社担当者以外の者による本製品のインストール、修理またはサービスの試行から生じた損傷に対する修理。b)不適切な使用または互換性のない機器への接続から生じた損傷に対する修理。c)当社製ではないサプライ用品の使用により生じた損傷または機能不全に対する修理。d)本製品が改造または他の製品と統合された場合において、改造または統合の影響により当該本製品のサービスの時間または難度が増加したときの当該本製品に対するサービス。

この保証は、明示的または黙示的な他のあらゆる保証の代わりに、製品に関して当社がお客様に対して提供 するものです。当社およびベンダは、商品性または特定目的に対する適合性についての一切の黙示保証を 否認します。欠陥製品を修理または交換する当社の責任は、本保証の不履行についてお客様に提供される 唯一の排他的な法的救済となります。間接損害、特別損害、付随的損害または派生損害については、当社 およびそのベンダは、損害の実現性を事前に通知されていたか否に拘わらず、一切の責任を負いません。

[W4 - 15AUG04]

目次

安全にご使用いただくために	iii
はじめに	v
このマニュアルについて	V
機能	v
強力で多様な機能	vi
分かりやすい操作	vi
革新的なデザイン	vii
リモート・コントロール	vii
開梱	1
スタンダード・アクセサリ	1
識別	1
インストレーション	1
機器の概要	3
フロント・パネル	3
入力コネクタ	4
リア・パネル	5
メイン画面	6
コントロール	9
数値の入力	13
メニュー	13
入力信号の調節	21
入力コントロール	21
ノイズと干渉を削減または無視する方法	26
周波数測定	31
測定の原理	31
入力 A、B	36
入力 C	38
周波数比 A/B、B/A、C/A、C/B	38
バースト A、B、C	38
周波数変調信号	41
AM 信号	44
周期	46
周波数	47
時間測定	48
はじめに	48
タイム・インターバル	49
立上り/立下り時間 A/B	49
タイム・インターバル・エラー(TIE)(FCA3100 シリーズのみ)	51
パルス幅 A/B	51

デューティ・ファクタ A/B	51
時間測定誤差	52
位相測定	54
分解能	55
可能性のある誤差	55
着算(FCA3100 シリーズのみ)	59
電圧測定	63
	63
V _{DVC}	63
^{- RMS} 海筒お上び統計測定	65
アベレージンガ	65
/ / / / / / / / / / / / / / / / / / /	65
(y) # ···································	66
11、、トーテフト	71
$y \in \mathcal{Y} \setminus \mathcal{Y}$	(1 79
ノーマンク	73
	73
開始アーミンクと停止アーミンク	74
アーミング人力信号	75
アーミングとセットアップ時間	77
アーミングの例	77
アーミングとプロファイリング	82
付録 A: デフォルトの機器設定	85
付録 B: 測定タイミングの制御	87
測定プロセス	87
索引	

安全にご使用いただくために

人体への損傷を避け、本製品や本製品に接続されている製品への損傷を防止するために、次の安全性に関する注意をよくお読みください。

安全にご使用いただくために、本製品の指示に従ってください。

資格のあるサービス担当者以外は、保守点検手順を実行しないでください。

本製品をご使用の際に、規模の大きなシステムの他の製品にアクセスしなければならない場合があります。システムの操作に関する警告や注意事項については、他製品のマニュアルにある安全に関するセクションをお読みください。

火災や人体への損傷を 適切な電源コードを使用してください。本製品用に指定され、使用される国で 避けるには 認定された電源コードのみを使用してください。

接続と切断は正しく行ってください。プローブと検査リードは、電圧ソースに接続されている間は着脱しないでください。

本製品を接地してください。本製品は、電源コードのグランド線を使用して接地します。感電を避けるため、グランド線をアースに接続する必要があります。 本製品の入出力端子に接続する前に、製品が正しく接地されていることを確認してください。

すべての端子の定格に従ってください。火災や感電の危険を避けるために、 本製品のすべての定格とマーキングに従ってください。本製品に電源を接続 する前に、定格の詳細について、製品マニュアルを参照してください。

本製品の定格は測定カテゴリIになります。一次回路、設置カテゴリII, III, お よびIVの回路には接続しないでください。

共通端子を含むどの端子にも、その端子の最大定格を超える電位をかけない でください。

電源を切断してください。電源コードの取り外しによって主電源が切り離されます。電源コードをさえぎらないでください。このコードは常にアクセス可能であることが必要です。

カバーを外した状態で動作させないでください。カバーやパネルを外した状態で本製品を動作させないでください。

故障の疑いがあるときは動作させないでください。本製品に故障の疑いがある場合、資格のあるサービス担当者に検査してもらってください。

露出した回路への接触は避けてください。電源がオンのときに、露出した接続部分やコンポーネントに触れないでください。

湿気の多いところでは動作させないでください。

爆発性のあるガスがある場所では使用しないでください。

製品の表面を清潔で乾燥した状態に保ってください。

適切に通気してください。

適切な通気が得られるような製品の設置方法の詳

細については、マニュアルの設置方法を参照してください。

本マニュアル内の用語 本マニュアルでは、次の用語を使用します。



▲ 注意:本製品やその他の接続機器に損害を与える状態や行為を示します。

本製品に関する記号と 用語

本製品では、次の用語を使用します。

- DANGER: ただちに人体や生命に危険をおよぼす可能性があることを示します。
- WARNING: 人体や生命に危険をおよぼす可能性があることを示します。
- CAUTION:本製品を含む周辺機器に損傷を与える可能性があることを示します。

本製品では、次の記号を使用します。









FCA3000、FCA3100、および MCA3000 シリーズ・ユーザ・マニュアル

はじめに

このマニュアルについて

本マニュアルでは、FCA3000 および FCA3100 シリーズ・タイマ/カウンタ/ アナライザおよび MCA3000 シリーズ・マイクロ波カウンタ/アナライザの操作 について説明します。

参照しやすいように、すべての機器に共通の機能については機器の名称を省略し、特定の機器または機器シリーズに固有の機能については、それらを明示的に記します。

機器の名称は以下のとおりです。

- FCA3X00 は、FCA3000 シリーズまたは FCA3100 シリーズのすべての機器を意味します。
- FCA3000 は、FCA3000 シリーズのすべての機器を意味します(FCA3000 型、FCA3003 型、FCA3020 型)。
- FCA3100 は、FCA3100 シリーズのすべての機器を意味します(FCA3100 型、FCA3103 型、FCA3120 型)。
- MCA3000 は、MCA3000 シリーズのすべての機器を意味します(MCA3027 型または MCA3040 型)。

機能

- 40 GHz の幅広い測定周波数レンジ
- 業界最高速のマイクロ波カウンタ(25 ms のアクイジション・タイム)
- 業界唯一のグラフィカル・ディスプレイ付き周波数カウンタ
- 50 ps シングル・ショット(時間)、または 12 桁/s(周波数)の高分解能
- 信号の周波数と電圧パラメータの同時表示
- DC ~ 200 MHz、15 mV_{rms}のトリガ感度
- 1 mV の電圧分解能
- 高速 USB/GPIB バス転送速度、最大で毎秒 15,000 の測定数(ブロック・ モード)
- ゼロ・デッド・タイムの周波数/周期測定
- 最上位の OCXO (恒温槽型水晶発振器)タイム・ベース・オプション(1.5 E-8/年)
- MAC3000 シリーズはマイクロ波 CW 周波数測定、および 40 ns までの極 短バースト測定が可能

- 0.5 Hz ~ 50 MHz のプログラマブル・パルス出力(FCA3100 シリーズ)
- 10 MHz リファレンス出力オシレータ
- 測定値の統計、ヒストグラム、およびトレンド・プロットの各モード
- フロントまたはリアの入力接続オプション

強力で多様な機能

この新しい機器の特長の1つが包括的なアーミング機能です。これにより、事 実上どのようなタイプの複雑な信号でも、その周波数と時間に関する特性を把 握することができます。

例えば、外部アーミング条件と機器の実際のアーミングとの間に遅延を挿入できます。アーミングについては、第5章「アーミング」をお読みください。

タイマ/機器の従来の測定機能に加えて、これらの機器には他にも位相、 デューティ・ファクタ、立上り/立下り時間、およびピーク電圧など、多数の機 能が備わっています。入力 A および入力 B の両チャンネルにおいて、すべ ての測定機能を実行できます。ほとんどの測定機能において、メイン入力の一 方か独立したアーミング・チャンネル(E)を使用して、アーミングを行うことがで きます。

外部のコントローラやソフトウェアを必要とせずに、組み込みの演算関数や統計関数を使用して、機器内で測定結果を処理できます。演算関数には、反転、 スケーリング、およびオフセットが含まれます。統計関数には、最大2×10⁹ のサンプル・サイズに対する最大値、最小値、平均値、標準偏差、およびアラ ン偏差が含まれます。

分かりやすい操作

直感的なユーザ・インタフェースにより、使い始めればすぐに使い慣れることができます。コンパクトなメニュー・ツリーにより、タイマノ機器が簡単に操作できます。バックライト付きの大型グラフィック LCD が情報の中心となり、複数の信号パラメータを同時に表示でき、ステータスの設定やオペレータ・メッセージを表示できます。

測定サンプルに基づいた統計情報は、最大値、最小値、平均値、および標準 偏差などの標準的な数値結果として表示したり、ヒストグラムやトレンド・プロットとして簡単に表示したりできます。

AUTO 機能では、すべての入力波形で自動的にトリガします。バス学習 (Bus-learn)モードにより、GPIB プログラミングが単純化されます。バス学習 モードにより、手動による機器設定を後の再プログラミング用にコントローラに 転送できます。あまり頻繁にバスを使用しないユーザの場合でも、個々の機器 設定のコードや構文を習得する必要がありません。

革新的なデザイン

最先端テクノロジーで堅 牢性を実現 これらのカウンタは品質と耐久性を追求して設計されています。デザインは高度 に統合されています。デジタル・カウンタ回路は、カスタム開発の1個の FPGA と、32ビットのマイクロコントローラのみで構成されています。高度な統合とコン ポーネント数が少ないことにより消費電力が削減され、結果的に 30,000 時間 の MTBF が達成されました。最新の表面実装技術により高い生産品質が保証 されています。機械的な衝撃に耐え EMI から保護できる金属製のキャビネット も含め、高耐久性の機構は価値ある特長の1 つとなっています。

高分解能 本機器ではレシプロカル補間カウンタ方式を採用し、全周波数域で12桁/s という優れた相対分解能を実現します。

測定はタイム・ベースではなく、入力サイクルと同期を取って行われます。通常 の「デジタル」カウントと同時に、開始/停止トリガ・イベントと後続のクロック・パ ルスとの間の時間をアナログ的に測定します。これは、トリガ・イベントで開始 し、4 つの同じ回路で積分コンデンサを定電流で充電することにより行います。 充電は後続の最初のクロック・パルスのリーディング・エッジで停止します。積 分コンデンサに蓄えられた電荷は、開始トリガ・イベントと後続の最初のクロッ ク・パルスのリーディング・エッジとの間の時間を表します。停止トリガ・イベント についても同様の電荷積分が行われます。

測定の「デジタル」部分の準備ができたら、キャパシタに充電された電荷を A/D コンバータで測定します。

すべての測定が完了すると結果が計算されます。つまり、デジタルによる時間の測定とアナログによる補間の測定が行われます。その結果、基本的なデジタル分解能である ±1 クロック・パルス(10 ns)が、FCA3000 シリーズで 100 ps、FCA3100 シリーズで 50 ps に向上します。

測定は入力信号と同期を取るため、周波数測定の分解能は大変高く、周波数 とは無関係となります。カウンタの表示は14桁あり、ディスプレイそのもので分 解能が制限されることはありません。

リモート・コントロール

本機器は GPIB および USB の 2 種類のインタフェースを使用してプログラム 可能です。

GPIB インタフェースは一般的な機能をすべて提供し、使用されている最新の 標準、IEEE 488.2 1987 (ハードウェア) および SCPI 1999 (ソフトウェア) に準拠 しています。さらに、Agilent 53131/132 コマンド・セットをエミュレートする GPIB モードがもう1 つあり、運用中の ATE システムにおける機器の交換を簡単に 行えます。

USB インタフェースは、主にオプションの TimeView[™] 解析ソフトウェアでの使用を目的としています。通信プロトコルは SCPI の専用バージョンです。

高速 GPIB バス これらのカウンタは単に強力で多機能な機器であるのみならず、高速バス通信 の機能も搭載しています。バス転送レートは最大 2,000 トリガ測定/s です。 内部メモリへのアレイ測定では 25 万測定/s まで行えます。

このような非常に高速の測定レートにより、新しい測定が可能になります。例 えば、何万ものパルス幅の測定についてジッタ解析を行い、結果を1秒で取 り込むことができます。

詳細なプログラマ・マニュアルには、使用可能な SCPI ベースのプログラミング・ コマンドが記述されています。

本器は GPIB 環境で使いやすくなっています。すべての機器設定を手動で行い、組み込みのバス学習(Bus-learn)モードにより、それらをコントローラに転送することができます。この応答を利用して、後で機器を同じ設定にプログラムするために使用できます。これにより、あまり頻繁にバスを使用しないユーザは、プログラミング・コードを個別に覚えなくても済みます。

機器の設定全体(手動で設定)を20箇所の内部メモリに保管でき、簡単に呼び出すことができます。内部メモリの10箇所は、ユーザ保護にすることが可能です。

開梱

出荷が無事に終了し、輸送中に損傷が発生していないことを確認します。梱 包内容に不備があったり、損傷がある場合は、直ちに輸送会社に届け出てく ださい。また、修理または交換が必要な場合は、お近くの当社営業所までお 知らせください。

スタンダード・アクセサリ

スタンダード・アクセサリのリストについては、『FCA3000 および FCA3100 シ リーズ・タイマ/カウンタ/アナライザ、MCA3000 シリーズ・マイクロ波カウンタ /アナライザ・クイック・スタート・ユーザ・マニュアル』を参照してください。

識別

リア・パネルの識別ラベルには、機器の型式、シリアル番号、および構成情報 が表示されています(5ページ「リア・パネル」参照)。User Opt > About を押 しても機器の情報を表示できます。

インストレーション

供給電圧 本機器は電圧定格 90 ~ 265 V_{ms}、45 ~ 440 Hz の AC 電源に接続できます。 本機器は自動的に入力ライン電圧に合わせて調整します。

FCA3X00 または MCA3000 シリーズの機器の場合、ユーザが保守できるヒューズはありません。

▲ 注意: ヒューズが切れた場合は、電源が大きく損傷を受けている可能性があります。ヒューズの交換はしないでください。機器を当社サービス受付センターに送付してください。修理、保守、および調整のためにカバーを取り外す際は、考えられる危険を熟知した、資格を持つ訓練を受けたサービス担当者のみが行ってください。

保証期間内に、資格のない方による機器内部へのアクセスが行われた場合、保証義務は無効となります。

ライン供給電圧の接地線に不具合があると、機器に接続されたすべての機器 接地 について安全が保てなくなります。いずれかの装置を電源ラインに接続する前 に、保護グランドが正しく機能していることを確認しなければなりません。その 後初めて装置を電源ラインに接続することができます。接続には必ず3線式 の電源コードを使用してください。この他の接地方法は許容されません。延長 コードには必ず保護グランド線がなければなりません。



注意: 装置を低温環境から温暖な環境へと移動すると、結露により感電の危 険が生じる可能性があります。使用する前に数時間、機器の結露を蒸発させ てください。機器の接地要件が厳密に満たされていることを確認してください。



警告: 接地コードを遮断しないでください。 機器の内部または外部の保護グラ ンド接続の遮断、または保護グランド端子の切断により感電の危険が生じます。

本機器はどのような位置でも操作できます。サイド・パネルにある通気用のス 機器の向きと冷却 ロットを通る空気を妨げないようにしてください。機器の両サイド、および背面 に5 cm (2 インチ)のスペースを空けてください。本機器には、ベンチ上で使用 するための折り畳み式の脚も付いています。

機器の概要

フロント・パネル

Tektronix Meas Auto Value Save Value Esc Value Esc Trig Cate Max Addit Satis Settings Math/Limit User Opt Hold/Run Trig Satis Satis Trig Satis Satis	1	2	3	4
Image: Constraint of the second sec	Tektronix	•	Meas Value	uto et Xit sc Ve
2787-00	Imput A	4 5 9 0 . Math/Limit User Opt Hold/Ru	Trig Gate A 300 MHz A 300 MHz MAX & 12Vms - 500 30Vms - 500	Trig 0.1-3 GHz β 0.1-3 GHz 000 50Ω MAX +30dBm Δ 77 2787.001 2787.001

- 1. 電源ボタン(9ページ「電源ボタン」参照)。
- 2. メイン画面(6 ページ「メイン画面」参照)。
- 3. 測定ボタン(9 ページ「Meas ボタン」参照)。
- 4. ナビゲーション・ボタン(11 ページ「Save/Exit ボタン」参照)。
- 5. 入力コネクタ(4ページ「入力コネクタ」参照)。
- 6. キーパッド・ボタン(11 ページ「キーパッド・ボタン」参照)。

入力コネクタ



- 1. 入力 A と入力 B およびトリガ・インジケータです。トリガ LED が点滅してい る場合、正しくトリガされていることを示しています。
- 2. ゲート・インジケータ。カウンタによる入力サイクルのカウント中は Gate イ ンジケータが点灯します。
- 入力 C プリスケーラ(3 GHz または 20 GHz、FCA3000 シリーズおよび FCA3100 シリーズ)または、より高い周波数の測定用ダウン・コンバータ(27 GHz または 40 GHz、MCA3000 シリーズ)です。

注: 工場オプション RP 型の場合は、FCA3000 シリーズおよび FCA3100 シ リーズの機器で、入力コネクタがフロント・パネルからリア・パネルに移動されま す。Gate および Trig A/B の LED インジケータは、フロント・パネルに残ります。 オプション RP 型は MCA3000 シリーズの機器ではお選びいただけません。

リア・パネル



- 1. パルス出力コネクタ(FCA3100 シリーズのみ)
- 2. 型式、シリアル番号、およびインストール・オプション番号を記載した識別 ラベル
- 3. AC 電源コネクタ
- 4. PC 接続用の USB 2.0 12 Mbps ポート
- 5. コントローラ接続用の GPIB ポート
- 6. オプションのリア・パネル入力コネクタ。工場オプション RP 型の場合は、フ ロント・パネルの入力コネクタがリア・パネルに移動されます。MCA3000 シ リーズの機器では使用できません。
- 7. 外部アーミング入力コネクタ(測定の外部アーミング(同期)用)。Settings メニューで、Input A および Input B を測定アーミング用に選択することも 可能です。
- 8. 外部リファレンス入力コネクタ。Settings メニューで Measurement Reference が Auto に設定され、有効な信号が存在する場合、この入力が自動的に 選択されます。
- 10 MHz 出力コネクタ。アクティブな測定リファレンス(内部または外部リファレンス)からのリファレンス信号を出力します。測定リファレンス・ソースは Settingsメニューで設定します。

メイン画面

本器はモノクロ LCD を使用し、信号ソース、測定値(数値およびグラフィカル)、 およびメニュー項目を表示します。表示される項目は、表示モードによって異 なります。



Value ボタンを押すと、現在の測定について高分解能の数値リードアウトを表示します。

- 1. 現在の測定項目です。
- 2. 測定信号ソース。メイン測定のリードアウトが統計測定の場合、このテキストには統計測定のタイプも表示されます(例、A MEAN:)。
- メイン測定リードアウト。画面の下部のリードアウトは、ソース信号の電気的 情報を表します。リードアウトや表示は測定や解析のモードによって変わ ります。
- 測定ステータス。演算またはリミット・テスト・モード(MATH または LIM)、測定/ホールド/シングルの各測定ステータス(MEAS、HOLD、SING)、およびリモート GPIB のコントロール・ステータス(REM)を表示します。測定ステータスはすべての表示モードで表示されます。

注:通常、機器がリモート・コントロールされている場合、画面にはアクティブ な測定値が表示されます。しかし、TimeView は測定を高速化するために画面 をオフにします。画面には "Display OFF" というメッセージが表示され、測定ス テータスは REM(リモート)となり、Esc を除くフロント・パネルのすべてのボタン が無効になります。Esc ボタンを押してリモート・デバイスに "Return To Local" メッセージを送信すると、本器はローカル・モードに戻ります。

リモート接続から Local Lockout がプログラムされている場合は、Esc キーを使用しても本器をローカル・モードに戻すことはできません。

5. リミット・アラームのリードアウト(有効な場合)。下限(LL)および上限(UL)の 設定は、関連のリミット値と併せて垂直バーで表示されます。顔文字は、相 対的な測定値およびリミットの合格/不合格のステータスを示します(測定 値がリミット内の場合は笑顔、測定値がリミットを超えた場合はしかめ顔)。 測定値がリミットを超えると画面最上部のLIM ステータス・テキストが点滅 し、測定値がリミット内に戻っても点滅し続けます。Restartを押すとLIMス テータスがリセットされます。

メニュー・モード メニュー・ボタン (Meas や他の下部のキーパッド・ボタンなど)を押すと、画面下 部の領域がそのボタンのメニュー項目と置き換わります。



- 1. メニュー・パスには、現在のメニュー選択のパスが表示されます。
- メニューには使用可能なメニュー・オプションが表示されます。メニュー項 目のすぐ下のキーパッド・ボタンを押すとその項目が選択されるか、または その下位レベルのメニューが表示されます。選択されている項目は反転文 字で表示されます。ナビゲーション矢印ボタンを使用しても、メニュー項目 のハイライトや選択が行えます。。
- **解析モード** 解析モード (Analyze ボタンを押してアクセス)では、基本的な統計解析を適用 して、数値、ヒストグラム、またはトレンドの統計解析などの測定リードアウトを 表示します。

数値表示: 連続して測定を行い、結果を数値統計リードアウトとして表示します。



- MEAN:メイン測定値は、N サンプルの移動平均値を示します。
- N:測定サンプル数(Settings > Stat メニューで設定)
- Max、Min:測定の最大値と最小値
- P-P:ピーク・ツー・ピーク偏差
- Adev:アラン偏差
- Std:標準偏差

ヒストグラム表示:連続した測定値をヒストグラムとして表示します。水平方向のビンの数は、Settings > Stat メニューで設定します。



- Limits Alarm の上限および下限レベル(有効な場合)。リミット・テストがア クティブな場合、グラフはオートスケールされヒストグラムとリミットの両方が 表示されるようにします。オートスケールにはリミット内のデータのみが使用 され、グラフの表示領域外の測定値はディスプレイの左端または右端に矢 印で示されます。
- 2. 移動平均測定値の位置(X)
- 3. 完了した測定のパーセンテージ
- 4. グラフの中央(黒い三角マーク)およびその周波数
- 5. グラフ目盛の水平スケール。Limits Alarm (アクティブな場合)は、現在の 測定値とリミット設定の両方を表示するようにスケールが設定されます。測 定したデータに基づいて、ヒストグラムのビンが連続的にオートスケールさ れます。

トレンド・プロット表示: 連続した測定を行い、値の時間変化をプロットします。 このモードは、変動や測定値の偏差トレンドの観察に便利です。設定されたサ ンプル数が完了すると、トレンド・プロットは停止(HOLD がアクティブな場合)ま たはリスタート(RUN がアクティブな場合)します。トレンド・プロットのグラフは、 測定データを元に連続的にオートスケールされ、リスタート時には0から開始 されます。Limit Alarms がアクティブな場合は、水平線で表示されます。



- プロット表示の周波数レンジの上限と下限。トレンド・プロット・グラフは、測定したデータに基づいて、測定トレンド値を示すためにオートスケールされます。
- 2. 完了した測定のパーセンテージ
- 3. 目盛の水平方向の単位
- Limits Alarm レベル(アクティブな場合)。リミット・テストがアクティブな場合、測定トレンド・プロットとリミット値(水平の破線)の両方を示すために、 グラフのスケールが設定されます。

コントロール



電源ボタンを押して、機器の電源をオンまたはオフにします。電源ボタンは二次的な電源スイッチです。電源ラインが接続されると同時に、機器の一部には電源が入り、ボタン上部の赤い LED が点灯します。機器の電源を完全に遮断するには、電源コードを引き抜きます。

Meas ボタン

Meas

Meas ボタンは、画面下部に機器の測定メニューを表示します。メニュー 項目の直下にあるメニュー・ボタンを押してそのメニュー項目を選択すると、必要に応じてサブメニューが開きます。

Frequency	<u>)</u> 000	0	05	i 76 мн	Meas IZ
Measure fu	nction:				
Per	iod	Ρu	se	Tota	lize
Freq	Time			Phạse	Volt

一般的な測定項目には、周波数、周期、時間、パルス、位相、積算(FCA3100 シリーズのみ)、および電圧があります。使用できる測定メニュー項目は、機器 の型式および構成によって異なります。

現在選択されている項目は反転文字で表示されます(カーソルの位置も表示 されます)。メニュー項目の下の対応するメニュー・ソフトキーを押して、測定機 能を選択します。

また、左および右矢印ボタンを使用し、カーソルを移動して他のメニュー項目を選択することもできます。Enterを押して確定します。

Value ボタン	Value ボタンは、現在の測定値を数値で表示します。本器の画面下部 には補足的な測定値も表示されます。 Frequency A: MEAS 1.00000000097 MHz Umax: 4.947 U Umin:-4.952 U Up-p: 9.900 U
Analyze ボタン	Analyze Analyze ボタンは、現在の測定値を3つの統計解析表示モードの1つで表示します。Analyze ボタンを繰り返し押すと、統計表示モードが切り替わります (7 ページ「解析モード」参照)。
Auto Set ボタン	 Auto Set ボタンは、測定機能のトリガ・レベルおよび入力信号の振幅を 自動的に設定します(比較的標準的な信号の場合)。この機能により、本器の 測定表示をすばやく設定できます。 Auto Set ボタンを 1 度押すと、以下が行えます。 トリガ・レベルを自動設定する アッテネータを 1 に設定する 面面をオンにする Auto Trig Low Freq の値を次のいずれかに設定する f_m ≥100 Hz の場合、100 Hz 10 < f_m < 100 Hz の場合、f_m f_m ≤100 Hz の場合、10 Hz Auto Set ボタンを 2 秒以内に 2 回押すと、より詳細なプリセットが実行されま す。Auto Set ボタンを 1 回押した場合の機能に加えて、以下のパラメータが設定されます。

- Timebase Ref を Auto に切り替え
- Arming をオフに切り替え

工場出荷時のデフォルト設定を呼び出すと、より総合的なプリセットが実行されます。

Save/Exit ボタン Exit Save/Exit ボタンは、現在の選択を確定して終了し、前のメニュー・レベ ルに戻ります。

Esc ボタン Esc ボタンは、現在の選択を確定せずに前のメニュー・レベルに戻ります。

矢印ボタンと Enter ボタ ン (・ Enter

> 矢印ボタンおよび Enter ボタンの機能は、以下に示すように、モードによって 異なります。

- メニュー・モード: 左矢印、右矢印、および Enter ボタンを使用して、メニュー 項目を表示し、選択します。
- 数値入力モード: 左矢印ボタンは、設定フィールドの右端の桁をクリアします。上下の矢印ボタンを使用して、設定フィールドの数値を増減します(1-2-5のパターンで)。
- Enter ボタンは、表示された値または選択されたメニュー項目を確定します。
- LCD 画面コントラスト:メニューや入力プロンプトを表示していない場合に、 上下の矢印ボタンで LCD 画面のコントラストを設定します。

キーパッド・ボタン キーパッド・ボタンを使用してメニュー項目を選択し、パラメータ値を入力します。



数値ボタン(0~9、.、および ±)を使用して、パラメータ・フィールドに数値パ ラメータ値を入力します。 メニュー・ソフトキー・ボタン(1~5および上の行の2つのブランク・ボタン) は、対応する画面のメニュー項目を選択します。

メニュー・ボタン(キーパッドの下の列の Input A ~ User Opt)は、そのボタンのメニューを表示します。

Input A、Input B: Input A および Input B ボタンで、選択したチャンネルの入 カチャンネル設定を表示および構成します。Input A および Input B のメニュー ではチャンネル関連の設定が可能で、トリガ・スロープ、信号カップリング(AC または DC)、入力インピーダンス(50 Ω または 1 MΩ)、入力減衰(1x または 10x)、トリガ・モード(手動または自動)、トリガ・レベル(手動トリガ・モードの場 合)、およびフィルタ(カットオフ周波数)が設定できます。Input A および B の メニューは同じです。

特定のトリガ・レベルに設定するには、Manualトリガ・モードを選択し、Trigメニュー項目を選択した後、ナビゲーション矢印ボタンを使用して値を増減します。数値ボタンを使用し、Enterを押して値を入力することもできます。

フィルタ設定メニューで、100 KHz 固定のアナログ・フィルタまたは調整可能 なデジタル・フィルタを選択できます。メニューで Digital LP Frequency を選択 すると値の入力メニューが開き、それを使用して等価カットオフ周波数を設定 します。

注: 立上り時間または立下り時間を測定する場合は、必ず Auto トリガ・レベルを使用します。

設定: Settings ボタンは測定の構成メニューを表示します。設定メニューでは 測定関連の設定が可能で、測定時間(周波数測定用)、バースト(パルス変調 信号用)、アーミング(条件付き測定開始/停止)、トリガ・ホールドオフ(停止ト リガ遅延)、統計(統計測定の設定)、タイム・ベース・リファレンス(内部または 外部)、その他(入力信号タイムアウト期間およびオート・トリガの低周波設定 など)が設定できます。

Math/Limit: Math/Limit ボタンは、演算およびリミット・テストの構成メニューを 表示します。演算メニューでは、測定結果を数学的に後処理するために、定 義済みの式やユーザ定義の定数を提供します。一般的な演算処理の使用目 的としては、テスト対象信号の一部のミキサやマルチプライヤを考慮した測定 結果の変換などが挙げられます。

リミット・メニューでは、数値リミットを設定し、リミット違反を報告する方法を選択 します。

User Opt: User Opt ボタンは、ユーザ・オプションの構成メニューを表示しま す。ユーザ・オプション・メニューでは機器の設定が行えます。機器のセットアッ プの保存や呼び出し(不揮発メモリに最大 20、固有のラベル付き)、バス・イン タフェースの選択(USB または GPIB)、GPIB バスの構成(モード、アドレス)、 機器のセルフテスト、条件付きパルス出力信号のセットアップ(FCA3100 シリー ズのみ)、および機器の構成情報(型式、シリアル番号、ファームウェア、およ び構成)の設定が可能です。

User Options メニューでは、機器の校正もあわせて行えます。この内部校正プロセスを実行するには、パスワードの入力が必要になります。内部校正プロセスを実行する手順の詳細については、『MCA3000 シリーズ・マイクロ波カウンタ/アナライザ・テクニカル・リファレンス・マニュアル』を参照してください。

Hold/Run: Hold/Run ボタンは、測定の実行を制御します。このボタンを押して、実行(常に測定値を取得)モードおよびホールド(測定の一時停止)モードを切り替えます。機器が測定のホールド・モードになると、画面の右上の測定インジケータが MEAS から HOLD に変わります。Hold/Run ボタンをもう一度押すと、通常の(連続)測定モードに戻ります。

シングル測定を実施するには、機器をホールド・モードに置いてから Restart ボタンを押します。シングル測定の実施中、画面右上の測定インジケータは HOLD から SING に変わります。

Restart: Restart ボタンは、測定値をクリアして再度測定を行います。これは、特に測定時間の長い場合に、入力信号を変えた後で新しい測定を開始する場合に便利です。本器がホールド・モードにある場合、このボタンを使用してシングル測定を実施します。

Restart は機器の他の設定には影響を及ぼしません。

数値の入力

ときには、メニュー・フィールドに定数やリミット値の入力が必要な場合があります。また、上下の矢印ボタンで選択可能な固定値のリストにない値や、元の値からの増減では指定する値が遠過ぎる場合もあります。

数値を入力するには、数値ボタン 0 ~ 9、.(小数点)、および ±(符号の反転) を使用します。

また、科学的記数法形式を使用しても値を入力できます。EE(Enter Exponent) ソフトキーにより、仮数や指数の入力を切り替えることができます。

Save Exit を押して新しい値を保存するか、Esc を押して値を保存せずにこのメニューを終了します(現在の値が保持されます)。

メニュー

Input A、Input B メニュー Input A および Input B のメニューでは、各チャンネルの構成を設定することが できます。Input A および Input B のメニューの内容は同じです。

表 1: Input A、Input B メニュー

項目	説明
Slope	信号の立上りまたは立下りエッジでトリガします。

項目	説明
Signal coupling	AC または DC
Input impedance	1 MΩ または 50 Ω
Input signal attenuation	1x または 10x.
Trigger Mode	信号トリガ・レベルのモード(Auto または Man)を設定します。 オート・トリガ・モードの場合は、Trigメニュー項目により手動でト リガ・レベルを振幅のパーセンテージとして設定できます。マ ニュアル・トリガ・モードの場合は、Trigメニュー項目によりトリ ガの値を入力します。
	注 : 立上り時間または立下り時間を測定する場合は、必ず Auto を使用します。
Trig	信号のトリガ・レベルを設定します。表示される値は現在のトリ ガ・レベルです。
Filter	100 KHz 固定のアナログ・フィルタまたは調整可能なデジタルの カットオフ・フィルタを設定します。特定の周波数を設定するに は、Digital LP Frequency メニューを使用します。

表 1: Input A、Input B メニュー (続き)

Settings メニュー Settings メニューでは、測定パラメータを構成します。

表 2: Settings メニュー

項目	説明
Meas Time	測定する期間を設定します。このメニューは周波数測定で使 用できます。測定時間を長くすると、秒当たりの測定数が減 少し、分解能が高くなります。
Burst	パルス変調(バースト)信号の測定に関するパラメータを設定 します。選択された測定が Meas > Freq > Freq Burst の場合 に、Burst 設定メニューが使用できます。多くの場合、搬送周 波数および変調周波数(パルス反復周波数(PRF))は、外部 アーミング信号なしでも測定できます。
Arm	測定の開始および停止のパラメータを設定します。アーミング は、測定の実際の開始時間および停止時間を制御するための 手段を示す一般的な用語です。通常のフリーラン・モードは無効 となり、指定されたプリトリガ条件が検出されるとトリガされます。 アーミングを開始する1つまたは複数の信号には3つのチャン ネル(A、B、またはE)を使用でき、また開始チャンネルと停止 チャンネルは別けることができます。このメニューを使用してす べての条件を設定できます。
Trigger Hold Off	測定の開始後に、停止トリガ条件を無視する遅延期間を設定し ます。代表的な例としては、リレー接点のバウンスにより生成さ れる信号を無視するために使用することが挙げられます。

A Z. Octungs	
項目	説明
Stat	以下の統計測定のパラメータを設定します。
	■ 種々の統計測定の計算に使用するサンプル数
	■ ヒストグラム表示のビンの数
	 ペーシング(測定間の遅延)を ON または OFF にし、2 μs ~ 500 s の間で遅延時間を設定します。
Timebase	測定のタイムベースのリファレンスを Internal または External に 設定します。3 番目の選択肢は Auto です。この場合、リファレン ス入力に有効な信号が入っている場合は、外部タイムベースが 選択されます。画面の右上コーナーに EXT REF インジケータ が表示されている場合は、外部タイムベース・リファレンスが使 用されていることを示しています。

項目	説明
Misc	以下の各種測定パラメータを設定します。
	Interpolator Calibration は、機器の補間器の校正を有効また は無効にします。これにより、測定の確度を犠牲にして速度 を向上させることができます。
	Smart Measure では以下を設定します。
	 Smart Time Interval (タイム・インターバル測定用)は、タイ スタンプを使用してどの測定チャンネルが他に先行するか 決定します。
	 Smart Frequency(周波数または平均周期の測定用)は、 続タイムスタンプおよび回帰解析を使用して、0.2 s ~ 100 の間の時間測定の分解能を向上させます。
	Timeout は、タイムアウト機能を有効または無効にします。機能がゼロの結果を出力するまでに保留中の測定の終了を待つ 長時間を設定します。範囲は 10 ms ~ 1,000 s です。
	Auto Trig Low Freq は、1 Hz ~ 100 KHz の範囲内で自動トリ および電圧測定の下限周波数を設定します。高いリミットは、 り速いセトリング時間、より速い測定を意味します。
	Input C Acq (MCA3000 シリーズのみ)では以下を設定します
	 Auto(指定された全周波数レンジで有効な入力信号をスキンする)または Manual(指定された中心周波数近傍の狭帯で有効な入力信号をスキャンする)の Acquisition モード。ニュアル・モードはバースト信号の測定時には必要ですかFM 信号の場合にも推奨されます。およその周波数を知っおく必要があります。アクイジション・プロセスがスキップさるため、マニュアル・モードのメリットとして、測定結果の表が速い点が挙げられます。 手動による取り込みレンジを外れた信号周波数が原因で、結果を調る可能性があることに注意してくざさい、コーザに注意
	果を誤る可能性があることに注意してください。ユーザに注意 を促すために、画面の右上コーナーにインジケータ M.ACQ が表示されます。
	■ Freq C Center の値
	TIE (Time Interval Error) (FCA3100 シリーズのみ)は、リファレンス周波数を自動的に選択するか(Auto)、手動で周波数を 力するか(Manual)を設定します。TIE 測定では連続タイムスタンプを使用して、表面的には安定した信号における緩やかな

Math/Limit メニュー Math/Limit メニューでは、測定値に算術演算を適用したり、リミット・テストを実行したりするための設定を行います。

表 3: Math サブメニュー

項目	説明
Math	このメニューでは、5 つの式の中から測定結果に適用する式を 1 つ選択するか、Offを選択して演算機能を無効にします。使用 可能な式は次のとおりです。
	K*X + L K/X + L (K*X + L)/M (K/X + L)/ M X/M - 1
	K、L、および M は、任意の値を設定できる定数です。X は現在 の未修正の測定結果を表しています。
K,L,M	任意の値に設定できる式の定数

Limit サブメニューでは、リミット・テストの条件およびリミット違反時の動作を設定できます(71ページ「リミット・テスト」参照)。

表 4: Limit サブメニュー

項目	説明
Limit Behavior	リミット違反が検出された場合に機器がとる動作の設定や、リミッ ト・テスト・モードの無効化を行います。
Limit Mode	リミット・テストのバウンダリ・タイプ (Upper、Lower、または Range) を設定します。
Lower Limit	下限の値を設定します。
Upper Limit	上限の値を設定します。

User Opt メニュー User Opt メニューでは、機器の一般的なパラメータを設定できます。

表 5: User Opt メニュー

項目	説明					
Save/Recall	不揮発性メモリにある最大 20 の機器構成セットアップ、または 8 つの測定データ・セットの保存および呼び出しを行います。 サブメニュー項目は以下のとおりです。					
	Setup :					
	 Save Current Setup:指定したメモリに現在の機器の構成を 保存します。 					
	Recall Setup:選択したメモリ・スロットから、現在の機器の構成を機器に読み込みます。Default 設定は、工場出荷時のデフォルト設定を機器に読み込みます。					
	 Modify Labels:各メモリ・スロットに関連付けられた7文字の ラベルを編集します。固有のラベルを付けることで、セットアッ プの目的を容易に見分けられます。 					
	Setup Protect: Setup Protect が ON の場合は、最初の 10 の メモリ位置へのアクセスが禁止されます。Setup Protect を OFF に切り替えると、10 のメモリ位置すべてが同時に解放されま す。					
	Dataset:シングル統計測定結果を保存するか呼び出します(シ ングル測定を行うには、機器を Hold モードにして Restart を押 します)。不揮発性メモリには最大 8 つのデータ・セットを保存で き、それぞれ最大 32,000 サンプルを含めることができます。保 留中の測定に 32,000 以上のサンプルがある場合は、直近の 32,000 サンプルのみが保存されます。各データ・セットにはデ フォルトのラベルが割り当てられますが、これらは編集できます。					
	■ Save:現在の統計測定結果を選択したメモリ位置に保存します。					
	■ Recall:選択されたデータ・セットを読み込み、表示します。					
	■ Erase: 選択されたデータ・セットを消去します。					
	Total Reset:すべての工場出荷時の設定をリストアして、ユーザ 情報(セットアップおよびデータ・セット)をすべて消去します。					
Calibrate	このメニュー・エントリは工場での校正にのみ使用でき、パス ワードで保護されています。					
Interface	アクティブなバス・インタフェース(GPIB または USB)を設定し、 関連するアドレス情報を設定します。					
	Bus Type: GPIB または USB を選択します。					
	GPIB Mode: Native (このモードで使用される SCPI コマンド・セットは、本機器シリーズの全機能を使用可能)または Compatible (このモードで使用される SCPI コマンド・セットは、Agilent 53131/132/181 と互換性有り)を選択します。					
	GPIB Address:本器の GPIB 機器番号(0 ~ 30)を入力します。					

項目	説明		
Test	特定の電源投入時のテストを選択して実行します。		
	Test Mode:機器の個別のセルフ・テストを選択するか、すべてのテストを選択します。		
	Start Test:選択したテストを実行します。		
Digit Blanks	マスクする表示桁数を設定します。		
	最下位桁をいくつかマスクすることにより、ジッタ測定の結果が 読みやすくなる場合があります。上下の矢印キーで数値を変更 するか、キーパッドで目的の数値(0~13)を入力します。ブラン クになった桁は、画面上ではダッシュとして表示されます。		
About	型式、シリアル番号、機器のファームウェアのバージョン、タイム ベース・オプションと校正の日付、およびチャンネル C の周波 数の上限値(チャンネル C オプションを持つ機器の場合)を含 む、機器の情報を表示します。		

表	5:	User	Opt	メニュー	(続き)
---	----	------	-----	------	------

入力信号の調節

周囲環境における各種の異なる信号を機器の測定ロジックに適合させるため に、本器には入力増幅器があります。これらの増幅器には多くのコントロール があり、これらのコントロールの連携や信号への影響を理解することが不可欠 です。

以下のブロック図は、入力信号のフロー・パスを示しています。本図は技術的 に完全ではありませんが、コントロールの理解に役立ててください。



入力信号コントロールにアクセスするには、Input A または Input B メニュー・ ボタンを押します。

入力コントロール

インピーダンス Input A または Input B メニューでインピーダンスを 1 MQ または 50 Q に設 定できます。



注意:入力電圧が 12 V_{RMS} を超える場合にインピーダンスを 50 Ω に切り替 えると、入力回路が破損する可能性があります。

減衰 1x/10x というメニュー・ソフトキーを切り替えると、入力信号の振幅を1倍また は 1/10 倍に減衰できます。

> 入力信号がダイナミック入力電圧レンジの ±5 V を超えるような場合は必ず減 衰を使用してください。また、減衰によりノイズや干渉の影響を低減できる場合 には減衰を使用します(26ページ「ノイズと干渉を削減または無視する方法」 参照)。

カップリング AC/DC ソフトキーを切り替えて、AC カップリングと DC カップリングを切り替えます。



AC カップリングは、不要な DC 信号成分を除去します。トリガ・レベルの設定 範囲よりも高い DC 電圧に AC 信号が重畳している場合には、AC カップリン グを使用してください。例えば、正弦波や方形波、三角波のような対称信号を 測定する場合、AC カップリングによりすべての DC 成分を除去できます。これ により、0 V のトリガ・レベルで、トリガが最も安定する信号の中央に常にトリガ・ レベルが来ることになります。

DC カップリングは、デューティ・サイクルが変化する信号や、デューティ・サイ クルが極めて小さいか、大きい信号に使用します。次の図は、信号の振幅がト リガのヒステリシス帯より下に落ちるために、パルスを捉えられないか、もしくは トリガが全く起こらない状況を示しています。



信号フィルタ 読み値が安定しない場合は、SN比(S/NまたはSNRなど)が低過ぎる場合が あり、恐らく6~10 dBよりも低い可能性があります。状況によっては、ハイパ ス・フィルタ、バンドパス・フィルタ、またノッチ・フィルタのような特殊な解決策が 必要な場合もありますが、不要なノイズ信号の周波数は目的の信号よりも高い のが一般的です。そのような場合に、組み込みのローパス・フィルタが利用で きます。アナログ・フィルタとデジタル・フィルタの両方があり、組み合わせて使 用することもできます。


図 1: FILTER を選択した後のメニュー選択肢

アナログ・ローパス・フィルタ: 本器にはアナログ RC ローパス・フィルタが入力 A および入力 B にそれぞれ 1 つあります。カットオフ周波数は約 100 KHz で、信号除去は 1 MHz で 20 dB です。ノイズ成分の周波数が基本信号よりも大幅に高い場合は、ノイズの多い低周波信号(最高 200 KHz)でも周波数を正確に測定することができます。

デジタル・ローパス・フィルタ: Digital LP フィルタは、ホールド・オフ機能を使用します。トリガのホールド・オフにより、入力トリガ回路にデッド・タイムを挿入できます。これは、最初のトリガ・イベント後のプリセット時間の期間、入力信号がヒステリシス帯と交差してもすべて無視されることを意味します。

ホールド・オフ時間を信号のサイクル・タイムの約75%に設定すると、入力信号がヒステリシス帯を通って戻る領域の周辺におけるトリガ・エラーを抑止できます。信号が次のサイクルのトリガ・ポイントに到達するまでには、設定されたホールド・オフ時間が経過していて、新しい正確なトリガが開始されます。

ホールド・オフ時間を計算しなくても、Digital LP Freq メニューで入力したフィ ルタ・カットオフ周波数を機器が代わりに計算して、相当するホールド・オフ時 間に変換してくれます。

Frequency A: 50.000 001 77 MHz Input A:Filter: Digital LP Freq: IIII kHz		Meas
	Ӊz	MŅz

デジタル・フィルタ機能を効果的かつ確実に使用するには、多少の制約があることに注意が必要です。まず、測定する周波数を大まかに知る必要があります。カットオフ周波数が低過ぎる場合、読み値が完全に安定したとしても、低過ぎることになります。そのような場合、2番目、3番目、または4番目のサイクルごとにトリガが起こっています。カットオフ周波数が高過ぎる(>入力周波数の2倍)場合にも、読み値が安定することがあります。この場合、半サイクルごとにノイズ・パルスが1回カウントされています。

カットオフ周波数は、1 Hz ~ 50 MHz と広い範囲で設定できます。

入力信号の周波数および波形に疑問がある場合は、オシロスコープを使用し て確認してください。



0493_3-8

図 2: 入力アンプではなく、測定ロジックで動作するデジタル LP フィルタ

トリガ・モード(Man/Auto) このメニュー項目では、トリガ・モードを設定します。Autoがアクティブな場合、本器はピーク・ツー・ピーク・レベルの入力信号を自動的に測定し、トリガ・レベルをその値の50%に設定します。減衰も自動的に設定されます。

立上り/立下り時間の測定では、測定されたピーク値の 10% および 90% にトリガ・レベルが設定されます。

Manual がアクティブな場合、トリガ・レベルは Trig メニューで設定されます。現在のトリガ・レベルは、Trig メニュー項目の下に表示されます。

測定の高速化: オート・トリガ機能では、高速で振幅を測定してトリガ・レベル を計算します。しかし、オート・トリガの利点を犠牲にせずに測定スピードをより 速めたい場合は、Auto Trig Low Freq 機能を使用して、電圧測定の低周波限 界値を設定します。このメニュー項目は、Settings > Misc > Auto Trig Low Freq にあります。

対象の信号の周波数が、常に特定の値 f_{low}よりも高いことが分かっている場合は、値入力メニューでこの値を入力できます。f_{low}の範囲は1Hz ~ 100 KHz で、デフォルトは100 Hz です。値が高いほど、トリガ・レベル電圧の検出がより迅速に行えるため、測定スピードも速くなります。

注: 一方の入力でオート・トリガを使用し、もう一方でマニュアル・トリガ・レベル を使用することもできます。 マニュアル・トリガ(Trig) Trigメニューでは、特定のトリガの値を入力できます。矢印ボタンを使用してトリガ・レベルの値を増減するか、キーパッドで特定の値を入力します。応答を 速くしたい場合は矢印ボタンを押したままにします。

マニュアル・トリガ・レベルを設定すると、測定サイクルが速くなります。マニュアル・トリガの場合、トリガ・レベルを検出して計算する必要がありません。

注: トリガ・レベルを手動で入力すると、トリガ・モードが Auto から Man に切り 替わります。

注: レベルが安定しない信号を測定する場合は、マニュアル・トリガは使用しないでください。

オート・トリガ・レベルのマニュアルへの変換: Autoトリガ・モードから Manual トリガ・モードに切り替えると、計算されたオート・トリガ・レベルを一定のマニュ アル・トリガ・レベルに変換できます。現在の計算済みオート・トリガレベル (Trig メニュー項目の下に表示)が新しい一定のマニュアル・レベルになります。各 測定についてトリガ・レベルの計算が行われないため、以降の測定は大幅に 速くなります。

注: 一方の入力でオート・トリガを使用し、もう一方でマニュアル・トリガ・レベル を使用することもできます。

ノイズと干渉を削減または無視する方法

本器の入力回路はノイズに敏感です。入力信号の振幅とノイズ特性を機器の入力感度(トリガ・レベル)に一致させると、ノイズや干渉によりカウントを誤るリスクが減少します。例えば、ヒステリシスが狭くトリガ・レベルが不適切な場合、次の図に示すように、レベルが変化する信号でカウントが不正確になります。



トリガ・ヒステリシスが広い場合は、レベルが変化する信号やノイズの多い信号でも、正確なトリガと測定が可能となります。



以下の機能を使用して、ノイズの影響を削減または除去し、測定結果を改善 します。

- 10x 入力アッテネータ
- 連続的に変化するトリガ・レベル(オート・トリガ)
- 一部の機能で、連続的に変化するヒステリシス
- アナログ・ローパス・ノイズ抑制フィルタ
- デジタル・ローパス・フィルタ(トリガ・ホールド・オフ)

ノイズの多い信号でも、上記の複数のテクニックを同時に使用して、信頼でき る測定結果を得ることができます。 入力振幅とトリガ・レベルを最適化すること、およびアッテネータとトリガ・コント ロールを使用することは、入力周波数と無関係であり、全周波数範囲に適用 できます。一方、LPフィルタは限定的な周波数範囲で選択的に機能します。

トリガ・ヒステリシス トリガが発生する前に、信号は 20 mV の入力ヒステリシス帯を通過する必要が あります。この最少トリガ・ヒステリシスは、入力回路の自己発振を防ぎ、ノイズ に対する感度を低下します。トリガ・ヒステリシスの別名は、トリガ感度およびノ イズ・イミュニティです。

> ノイズによりカウントが不正確にならなくとも、信号に重畳した低レベルのノイズ でトリガ・ポイントが前後にずれることがあります。低周波信号ではスルー・レート(V/s)が低いため、低周波信号を測定する場合、このようなトリガの不確実性が特に重要になります。



トリガの不確実性を減らすには、信号ができるだけ速くヒステリシス帯と交差す る必要があります(高いスルー・レート)。振幅の大きな信号は振幅の小さな信 号よりも速くトリガ・ヒステリシス帯を通ります。トリガの不確実性が重要となる低 周波数の測定では、信号を減衰し過ぎないようにし、機器の感度レベルを高く 設定します。



トリガ・エラーに起因する誤カウントはもっと頻繁に発生します。スプリアス信号 によって引き起こされるカウントの誤りを回避するために、入力信号の振幅を小 さくします。これは、高インピーダンスの回路や、1 MΩの入力インピーダンス を使用した測定の場合に特に当てはまります。このような条件の下では、ケー ブルが簡単にノイズを拾います。

外部での減衰および内部の 10x アッテネータは、ノイズを含め信号の振幅を 低下させます。一方で、機器の内部感度コントロールは、ノイズ感度を含め、機 器の感度を低下します。過剰な信号振幅を低下させるには、組み込みの 10x アッテネータ、外部同軸アッテネータ、または 10x プローブを使用します。

トリガ・レベル設定の使 周波数測定では、信号の特性に応じて、狭いヒステリシス帯または広いヒステ リシス帯のいずれかを使用して、振幅の中央に中間トリガ・レベルを置くことに より、通常は最適なトリガが得られます。

低ノイズの LF 正弦波信号を測定する場合は、トリガの不確実性を削減するために高感度(狭いヒステリシス帯)を使用します。信号の中央または中央付近でトリガを行うと、信号スロープが正弦波の中央で最も急峻になるため、トリガ(タイミング)・エラーが最も少なくなります。



ノイズの多い信号で誤カウントを避けたい場合、ヒステリシス・ウィンドウが入力 信号の中央付近にあれば、ウィンドウを拡げることで最善の結果が得られます。 ヒステリシス帯の外側の信号振幅が等しくなるようにします。

オート・トリガ: 通常の周波数測定、即ちアーミングを伴わない測定では、オート・トリガ機能はオート(ワイド)ヒステリシスに変わります。これはヒステリシス・ウィンドウの幅を振幅のピークツーピークの70%~30%に拡大するものです。これは、逐次近似法で信号の最小および最大のトリガ・レベル(トリガが起こらなくなるレベル)を決定することにより行われます。その後、ヒステリシス・レベルは計算値に等しく設定されます。デフォルトの相対ヒステリシス・レベルは入力Aで70%、入力Bで30%と表示されます。これらの値は、入力Aで50%~100%、入力Bで0%~50%の間にそれぞれ手動で調整できます。しかし、信号は一方のチャンネルでのみ使用できます。

周波数測定を行うたびに、トリガとヒステリシスの新しい値を算出するために、 信号トリガ・レベル検出のプロセスが繰り返されます。オート・トリガを有効にす るための前提は、入力信号が反復的であるということです。別の条件としては、 測定の開始後に信号の振幅が大きく変化しないということが挙げられます。 自動テスト・システムで毎秒多くの測定を行う場合、オート・トリガにより最大測 定レートも低下します。測定レートを上げるには、Auto Set ボタンを1回押し、 オート・レベル・モードによる計算値に基づいてトリガ・レベルを手動で設定し ます。

マニュアル・トリガ: Man Trig に切り替えると、前回のオート・レベルにおける 狭いヒステリシスが適用されます。Auto Set を1回押すと、単一の自動トリガ・ レベルの計算(Auto Once)が開始します。この計算値はピーク・ツー・ピーク振 幅の 50% であり、これが新しい固定トリガ・レベルとなります。そこから必要に応 じて手動で調整することができます。

高調波歪み:経験則として、安定した読み値はノイズや干渉がないことを意味 します。しかし、安定した読み値が必ずしも正確であるとは限らず、高調波歪 みにより不正確でも安定した読み値になることもあります。

次の図のように、高調波歪みを含む正弦波は、正確なトリガ・レベル(マニュア ル・モード)を設定するか、連続可変感度(オート・モード)の使用によって測定 できます。トリガ・ホールドオフを使用して、トリガ・ポイントを信号上の特定のポ イントに置いて結果を改善することもできます。



周波数測定

測定の原理

レシプロカル・カウンタ

FCA3000、FCA3100、および MCA3000 シリーズの機器では、測定の開始を 入力信号と同期させる高分解能のレシプロカル・カウンタ方式を採用していま す。これにより、積分入力サイクルを正確にカウントすることができます。

同期を取らずにプリセットされたゲート時間内の入力サイクル数をカウントする 単純な周波数カウンタに比して、レシプロカル・カウンタ方式は大幅に改善さ れています。単純なゲート・ベースのカウンタでは、特に低周波の測定におい て、入力サイクルの±1のカウント・エラーをもたらします。

指定測定時間の開始後、入力信号の最初のトリガ・イベント(t₁)に同期して、 実際のゲート時間が開始します。

指定測定時間



同様に、指定測定時間の経過後、実際のゲート時間の停止は入力信号と同期 が取られます。マルチ・レジスタのカウンタ技術により、実際のゲート時間(tg) とこのゲート時間内に発生したサイクル数(n)を同時に測定できます。

その後、次の式に基づいて周波数が計算されます。

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

測定する周波数と関係なく、ゲート時間 tg は 100 ps の分解能で測定されま す。そのため、プリスケーラを使用しても量子化誤差には影響を与えません。 従って、相対量子化誤差は 100 ps/tg となります。

測定時間が1秒の場合、この値は以下のようになります。

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

極端に低い周波数を除き、tgと指定測定時間はほぼ同じです。

- **サンプル・ホールド** 測定中に入力信号がなくなると、本器はサンプル・アンド・ホールド機能を持つ 電圧計のように動作して、前の測定結果をフリーズします。
 - **タイム・アウト** 主に GPIB で使用するために、Settings > Misc > Timeout を押して表示される メニューで、固定のタイムアウトを手動で選択できます。固定のタイムアウトの 範囲は 10 ms ~ 1,000 s で、デフォルトの設定は Off です。

測定する最も低い周波数のサイクル・タイムよりも長い時間を選択します。その 時間に入力チャンネルのプリスケール係数を掛け合わせ、その時間をタイムア ウトとして入力します。

タイムアウト期間にトリガが発生しなかった場合、NO SIGNAL が表示されます。

測定スピード 指定測定時間により、平均周期測定および周波数測定の測定スピードが決ま ります。連続信号の場合は以下のとおりです。

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

オート・トリガがオンで増加できる場合、

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

マニュアル・トリガがオン、または GPIB を使用する場合、

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

平均値の測定とシングル・サイクルの測定:実際のゲート時間、つまり測定ア パーチャを短縮するために、カウンタの測定時間は非常に短くなっており、ま た周期測定ではシングルと呼ばれるモードが備わっています。後者は、入力 信号の1サイクルのみを測定するものです。プリスケーラを持つ入力チャンネ ルを使用するアプリケーションでは、シングル測定は分周率分のサイクルの間 継続します。極めて短いアパーチャで測定したい場合は、分周率の低い入力 を使用してください。

周波数測定および周期測定では、最高の分解能を得たい場合はアベレージングが通常のモードとなります。しかし、時間と確度とは常にトレードオフの関係にあるため、確度が何桁必要なのかを決めて、目的を達成するために必要な最短の測定時間を採用する必要があります。

プリスケールは測定時間に影響することがあります(FCA3003 型、FCA3020 型、FCA3103 型、FCA3120 型): 短いバースト内に最低数の搬送波周期が含 まれている必要があるので、プリスケーラは最短測定時間に影響を及ぼしま す。この数はプリスケール係数に依存します。



図 3: 1/16 のプリスケーラ。

図は3 GHz プリスケーラの効果を示しています。16 の入力サイクルで、プリス ケーラは1 つの方形波サイクルを出力します。プリスケーラを使用すると、例え ば f/16 など、プリスケールされた出力サイクル数がカウントされます。分周率 d の効果は補正されるため、以下のようにして画面には正しい入力周波数が 表示されます。

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

レシプロカル・カウンタ方式では、プリスケーラは分解能を低下しません。相対 量子化誤差は、次のように変化はありません。

 $\frac{100 \ ps}{t_q}$

以下の表に、測定モードにより異なるプリスケール係数を示します。

表 6: 測定プリスケール係数

機能	プリスケール係数
Freq A/B(300 MHz)	2
Burst A/B(<160 MHz)	1
Burst A/B(>160 MHz)	2
Period A/B AVG(400 MHz)	2
Period A/B SGL(300 MHz)	1
Freq C(3 GHz)	16
Freq C(20 GHz)	128

LF 信号: デフォルトの設定(100 Hz)が変更されていない限り、100 Hz 未満の 信号はマニュアル・トリガを使用して測定してください。下限値は1 Hz まで設 定できますが、非常に低い周波数でオート・トリガを使用すると、測定プロセス に非常に時間がかかります。 例えば Period Sgl のような非プリスケール測定で 0.1 Hz のパルスなど、低い 繰り返し率のパルスを測定する場合、測定には少なくとも1 サイクル、即ち 10 秒の期間が必要であり、最悪の場合は約 20 秒にもなります。次の図のように、 ワースト・ケースは測定時間の開始直前にトリガ・イベントが発生する場合で す。この信号の周波数を測定するには 2 倍の時間がかかります。これは、この 機能には係数 2 のプリスケーラが使用されるためです。この例で測定時間を 短くしても、測定には 20 ~ 40 秒かかることになります。



RF 信号(FCA3003 型、FCA3020 型、FCA3103 型、FCA3120 型): 入力 C プ リスケーラは、通常のデジタル・カウンタ・ロジックでカウントする前に、入力周 波数を分周します。この分周率はプリスケーラ係数と呼ばれ、プリスケーラのタ イプに応じて異なる値を持つことができます。3 GHz のプリスケーラは 16 とい うプリスケーラ係数を持っています。これは、例えば 1.024 GHz の入力 C の周 波数は 64 MHz に変換されることを意味します。

プリスケーラは、安定した連続 RF を測定する場合にパフォーマンスが最適に なるように設計されています。ほとんどのプリスケーラは元来不安定であり、入 力信号がない場合は自己発振することがあります。プリスケーラが発振しない ようにするために、「開始検出器」が組み込まれています。開始検出器は入力 信号のレベルを継続的に測定し、信号が存在しないか微弱な場合に、プリス ケーラの出力をブロックします。



図 4: プリスケーラ内の開始検出器

測定するバースト信号が存在しても、その信号そのものに条件が付きます。機器が、ごく短い測定時間内に測定できるかどうかに関係なく、バースト期間は以下の最小条件を満たさねばなりません。

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

通常、実際の最小限界値は、開始検出器の速度など、他のファクタによって規定されます。この速度は、使用される特定の入力オプションに依存します。

マイクロ波の測定(FCA3020型、FCA3120型、MCA3027型、および MCA3040型): FCA3020型および FCA3120型の機器には 20 GHz のプリスケーラが含まれており、20 GHz までの周波数が測定可能です。

MCA3027 型および MCA3040 型では、ダウン・コンバータを使用して、それぞれ 27 GHz および 40 GHz までの周波数が測定できます。ダウン・コンバータは、IF アンプのパスバンド内(この場合は 10 ~ 200 MHz)に信号が現れるまで、未知の入力信号を既知の局部発振器(LO)の周波数と混合します(図 5 参照)。



図 5: MCA3000 シリーズでのマイクロ波のアクイジション

基本的な LO 周波数レンジは 430 ~ 550 MHz であり、ルックアップ・テーブル から読みだす離散周波数として格納されています。LO 出力は、指定範囲の マイクロ波全体をカバーする高調波スペクトラムを生成する COMB 発生器に 入力されます。

入力周波数を計算する自動プロセスは、以下のステップから構成されます。

- プレアクイジション:このプロセスでは、入力に測定可能な信号が存在する かを検出し、特定のスレッショルド・レベルを超える IF 信号が得られるよう な LO 周波数を決定します。これはルックアップ・テーブル内の最高値か ら最低値まで LO を順次ステップさせ、COMB 発生器からの出力スペクト ラムをミキサに供給することで行われます。信号検出器がプロセッサにス テータス信号を出力すると、プロセスが停止します。
- 2. アクイジション:このプロセスでは、IF 信号の生成に必要な高調波を決定します。IF を測定し、LO 周波数を1 MHz 下げて、再び IF を測定します。2 つの測定値間の値と符号の差を調べ、最終値に到達するために、計算された高調波に元の IF を加算するか減算するかを判断します。例えば、2 つの値の差が5 MHz の場合、第5 高調波が元となっていることが分かります。
- 3. 最終 RF の計算:LO 周波数、乗数 n、および符号は分かっています。目 的とする分解能に応じた測定時間だけ IF をカウントし、その結果から以下 のように最終値を計算して表示します。

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

アクイジション・プロセスが複雑になる条件がいくつか存在します。それらはす べて、機器のファームウェアが行った測定によって処理されます。例えば以下 があります。

- ステップ周波数の1つがIFを生成しても、値のシフトが生じない場合。機器は次のテーブルの値に進みます。
- 周波数変調による'n'値の計算結果が不安定な場合。本器は測定時間 を延長します。

電力測定: MCA3027 型および MCA3040 型の機器は入力 C のダウンコン バータの全レンジにわたってマイクロ波信号電力を計測することができます。 ダウンコンバータに保存された周波数依存の電力測定補正データにより、測 定の読み値が向上します。

入力A、B

メニュー・パス: Meas > Freq

周波数は、ヒステリシス帯内のあるトリガ・ポイントと次のトリガ・ポイントとの間の時間の逆数として測定されます。本機器は入力 A および入力 B の入力を、 オート・トリガ・モードで 0.00 Hz ~ 300 MHz、マニュアル・トリガ・モードで 0.001 Hz ~ 400 MHz の範囲で測定可能です。



100 Hz を超える周波数の場合は、デフォルトの設定を使用した測定が最適で す(85 ページ「デフォルトの機器設定」参照)。その場合は Freq A が自動的 に選択されます。その他の主な自動設定は、AC Coupling、Auto Trig および Meas Time 200 ms です。デフォルトの設定により、周波数測定に最適な開始 ポイントが得られます。

以下は最適な周波数測定を行うための設定のリストです。

- AC Coupling。DC オフセットは通常は望ましいものではありません。
- Auto Trig は、この場合 Auto Hysteresis を意味します(AGCと比較して)。 これは、通常の狭いヒステリシス・ウィンドウを超える重畳ノイズを抑制する ためです。
- Meas Time 200 ms。測定のスピードと分解能との間の適切なトレード・オフ を得ることができます。

デフォルト設定を呼び出すことで行われる上記の設定の一部は、Auto Set ボタンを押しても有効にできます。このボタンを1回押すと次のようになります。

Auto Trig。この設定は Man Trig が先に選択されている場合にのみ行われることに注意してください。

Auto Set を2秒以内に2回押しても、測定時間が200msに設定されます。

入力C

FCA3X00 シリーズの機 該当する FCA3X00 シリーズの機器に搭載された入力 C プリスケーラでは 20 GHz まで測定できます。入力 C プリスケーラは完全に自動化されており、セットアップは不要です。

MCA3000 シリーズの機
MCA3000 シリーズの機器は、自動ダウン・コンバート技術を使用して、最高 27
GHz または 40 GHz までの RF 周波数を測定します(35 ページ「マイクロ波の測定(FCA3020 型、FCA3120 型、MCA3027 型、および MCA3040 型)」参照)。およその測定周波数が分かっている場合は、高速(マニュアル)アクイジションも選択できます。アクイジション・プロセスの最初に周波数を入力します。

その他に、高分解能で信号電力を測定する機能もあります。

周波数比 A/B、B/A、C/A、C/B

メニュー・パス: Meas > Freq Ratio

2 つの入力周波数間の比を見るために、2 つのチャンネルで同時にサイクル 数をカウントし、主チャンネルの結果を副チャンネルの結果で割ります。入力 A および入力 B の間で比を測定することができますが、この場合いずれのチャ ンネルも主チャンネルまたは副チャンネルにできます。入力 C と入力 A、また は入力 C と入力 B の間でも比を測定でき、これらの場合は入力 C が主チャ ンネルになります。

バースト A、B、C

メニュー・パス: Meas > Freq Burst

バースト信号には搬送波(CW)周波数と変調周波数があります。変調周波数 はパルス反復周波数(PRF)とも呼ばれ、CW 信号をオンおよびオフに切り替 えます。



CW 周波数、PRF およびバースト内のサイクル数は、外部アーミング信号を 使用せずに、また開始アーミング遅延を使用してもしなくても測定可能です (73 ページ「アーミング」参照)。 それぞれの測定チャンネルの一般的な周波数限界値はバースト測定にも適用されます。入力 A または入力 B での1 バースト内の最小サイクル数は、160 MHz 未満で3、160 MHz ~ 400 MHz の間で6 です。入力 C のバースト測定にはプリスケーラが関わるため、最小サイクル数は3 x プリスケール係数となります。例えば、3 GHz のモデルのプリスケール係数は16 であるため、各バーストには少なくとも48 サイクルが必要となります。

最小バースト期間は、160 MHz 未満で 40 ns、160 MHz 以上で 80 ns です。

バーストおよびトリガ 50 Hz より高い PRF を持つバーストは、オート・トリガをオンにして測定できます。

オート・トリガを使用すると、同期外れエラーがより頻繁に発生します(41 ページ「可能性のあるバースト測定誤差」参照)。

PRF が 50 Hz 未満で、バースト間のギャップがわずかな場合は、マニュアル・ トリガを使用します。

必ず先に Auto Set の使用を試みてください。Auto Trigger および Auto Sync 機能の組み合わせにより、ほとんどのケースで満足の行く結果が得られます。 場合によっては、Input A/Bメニューで Auto から Manual トリガに切り替えることにより、より安定した読み値が得られることがあります。

入力 C は常にオート・トリガのため、Auto Set はバーストの同期にのみ影響します。

マニュアル・プリセットを 使用したバースト測定 バーストの正しい部分を測定するためには、3つの時間値、即ち測定時間、同 期遅延、および開始アーミング遅延を設定する必要があります。



図 6: バーストの正しい部分を測定するためには、3 つの時間値を設定 する必要がある 内部同期 BURST 機能によって、入力 A および入力 B からの入力をオート・ト リガ・モードで 0.001 Hz ~ 300 MHz、マニュアル・トリガ・モードで 0.001 Hz ~ 400 MHz の範囲で測定可能です。入力 C の場合、仕様は限定されますが、 プリスケーラの上限周波数まで測定できます。バースト測定をおこなうには、以 下のようにマニュアル設定を使用します。

- 1. Meas > Freq > Freq Burst
- 2. 入力ソースの A、B、または C を選択します。
- 3. Settings > Burst を押します。
- 4. Meas Time を押して、バースト期間から2 CW サイクルを引いた結果よりも 短い測定時間値を入力します。信号のおよそのバースト・パラメータが分 からない場合は、必ず短い測定時間から始めて、読み値が不安定になる まで徐々に増やします。
- 5. Sync Delay を押して、バースト期間よりも長く、PRF の逆数よりも短い値を 入力します。



- 6. Start Delay を押して、バースト・パルスの過渡部分よりも長い値を入力しま す。
- 入力 A または入力 B を使用する場合は、Frequency Limit (160/300 MHz) を選択します。可能な場合は下限値を使用して、測定に必要なサイクル数 を最小限に抑えます。
- 8. Save Exit を押して、測定を表示します。

すべての関連するバースト測定値が表示されます。

測定時間の選択:測定時間はバースト期間よりも短くなければなりません。 バーストのギャップ部分に測定が継続された場合は、どれほど短期間であっ ても、測定結果に問題があります。測定時間が短過ぎる場合は、分解能が低 くなるだけで済むので、問題が少ないと言えます。短いバーストに対してバー スト周波数測定を行うということは、測定時間が短くなることを意味し、分解能 が通常よりも低くなります。

同期遅延の動作: 同期遅延は、内部的な開始アーミング遅延として動作しま す。指定された同期遅延時間が経過するまで、新しい測定は開始されません。



指定測定時間が開始した後、測定の開始はバースト内の2番目のトリガ・イベントと同期が取られます。これはバースト期間の合間または信号バーストの中で測定が誤って開始されないことを意味します。

可能性のあるバースト測定誤差:バースト信号と同期を取って測定する前に、 偶発的にバースト内で最初の測定が始まってしまうことがあります。このような 場合で、バーストの残り期間が指定測定時間よりも短い場合は、最初の測定の 読み値は誤りとなります。しかし、開始アーミング同期遅延時間が正しく設定さ れていれば、この最初の測定後の次の測定では同期が取られます。

マニュアルで操作するアプリケーションでは、これは問題にはなりません。1回のシングル測定サンプルの結果の信頼性が求められるような自動化されたテスト・システムでは、少なくとも2回の測定を行う必要があります。最初の測定で同期を取り、2回目の測定で読み値を取得します。

周波数変調信号

周波数変調信号は、搬送波信号(CW 周波数 = f₀)が、周波数 f₀を中心にして変化する信号です。搬送波の周波数は、変調信号に従って変化します。

本器では以下の測定が行えます。

 f_0 = 搬送周波数(Frequency)

f_{max} = 最高周波数(MAX)

f_{min} = 最低周波数(MIN)

 $\Delta f = 周波数スイング = f_{max} - f_0(P-P)$

周波数 fo 搬送波周波数を決定するためには、foの近似であるf mean を測定します。

- 1. Analyze を押して、すべての統計パラメータの概要を調べます。
- 測定時間を選択し、偶数の変調周期を測定するようにします。このようにすると、測定期間内で正の周波数偏移と負の周波数偏移を補正できます。

例えば、変調周波数が 50 Hz で測定時間が 200 ms の場合、10 個の完全 な変調サイクルが測定されます。

音声信号のように、変調信号が不連続の場合、正の偏移を負の偏移で完全に 補正することはできません。このような場合は、変調スイングの一部が補正され ないまま残り、測定結果が高過ぎたり低過ぎたりすることになります。



ワースト・ケースの測定時間

図 7: 周波数変調

ワースト・ケースでは、変調サイクルのちょうど半分が補正されず、不確実性の 最大値は以下のようになります。

0493_4-6

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

搬送波周波数 foの真に正確な測定を行うためには、可能な場合は非変調信号で測定します。

1 KHz を超える変調周波数:

- 1. Single をオフにします。
- 2. 変調周波数の逆数の偶数倍となる長い測定時間を設定します。例えば 10 秒など、長い測定時間を選択した場合や、変調周波数が高く 1,000 Hz を 超えるような場合に、良い近似が得られます。

低い変調周波数:

- 1. Settings > Stat を押して、許容される限り長い測定時間となるように、No. of samples パラメータをできるだけ大きな値に設定します。
- 2. Analyze を押すと、サンプルの平均値が計算されます。

通常、サンプルごとに 0.1 秒、30 サンプル以上(n≥30)で良い結果が得られま す。特定のケースに合わせて、最適なサンプル・サイズと測定時間の組み合 わせを試すことができます。組み合わせは実際の f₀ および Δf_{max} によって異 なります。

この場合、測定のサンプリング周波数(1/測定時間)は、変調周波数とは非同期です。これにより、測定結果は不規則にf。より高くなったり低くなったりします。平均のサンプル数が十分に大きい場合は、周波数f。の統計的平均値は f mean に近づきます。

短期間の周波数値を測定する場合(極めて短い測定時間を選択した場合)、 測定される foの RMS 測定値の不確実性は以下のようになります。

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

ここで、nはfの平均サンプル数です。

- **fmax(最高)** fmax を測定するには以下を行います。
 - 1. Settings > Stat を押して、No.of samples を 1,000 以上に設定します。
 - 2. Meas Time を押して、低い値を選択します。
 - 3. Analyze を押します。MAX リードアウトに fmax が表示されます。
- fmin(最低) 1. Settings > STAT を押して、No.of samples を 1,000 以上に設定します。
 - 2. Meas Time を押して、低い値を選択します。
 - 3. Analyze を押します。MIN リードアウトに fmin が表示されます。
- △ f_{P-} (P-P) 1. Settings > Stat を押して、No.of samples を 1,000 以上に設定します。
 - 2. Meas Time を押して、低い値を選択します。
 - 3. Analyze を押して、P-P を読み取ります。

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

f_{max}、f_{min}、および Δf_{p-p} における誤差:

変調信号の 1/10 サイクル、もしくは 36 度に相当する測定時間では、約 1.5% の誤差が生じます。

以下のように測定時間を選択します。

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



図 8: fmax 計測時の誤差

取り込んだ最大周波数が実際に f_{max} であることを保証するためには、例えば n \geq 1,000 のように、十分に大きな数を選択します。

AM 信号

本器では、通常 AM 信号の搬送波周波数と変調周波数を測定できます。これ らの測定方法は、本マニュアルで既に記述されているバーストの測定によく似 ています。

搬送波周波数の測定

変調度が深い場合、搬送波(CW)は信号の中央に狭い振幅帯で連続的に存 在することになります。トリガ感度(ヒステリシス)が広過ぎると、いくつかのサイ クルでトリガできず、測定結果が不正確になります。





CW 周波数の測定方法は以下のとおりです。

- 1. Input A メニュー・ボタンを押します。
- 2. 目的の分解能が得られるような測定時間を選択します。

- 3. Manual トリガを有効にします。
- 4. Trig レベルを押して、0 Vトリガ・レベルを入力し、Save Exit を押します。
- 5. AC カップリングを選択します。
- 1x 減衰を選択して、狭いヒステリシス帯を選択します。ノイズでトリガしてし まう場合は、「可変ヒステリシス」機能でヒステリシス帯を拡張します。トリガ・ レベル >0 V かつ < V_{P-Pmin} であるようなトリガ・レベルを入力します。

変調周波数の測定 変調周波数を測定する最も簡単な方法は、例えば入力チャンネル上で AC カップリングの RF 検出器プローブ(別名、デモジュレータ・プローブ)を使用して、復調後に測定する方法です。

適当なデモジュレータがない場合は、Freq Burst 機能を使用して、バースト PRFの測定と同様の方法で変調周波数を測定します。

変調周波数の測定方法は以下のとおりです。

- 1. Meas > Freq Burst A を押します。
- 2. Settings > Burst > Meas Time を押して、変調周期の約 25% の測定時間を 入力します。
- 3. Sync Delay を押して、変調周期の約 75% の値を入力します。
- 4. Input A を押して、Manual トリガをオンにします。
- 5. Trigを押して、次の図に示すようにトリガするトリガ・レベルを入力します。



メインの周波数読み値が不安定でも、PRF のリードアウトには変調周波数が表 示されます。

周期

シングル A、B および 平 メニュー・パス: Meas > Period > Single

均A、B、C

測定の点から見ると、周期機能は周波数機能と同じです。これは、周期的信 号の周期は周波数の逆数 1/f であるからです。

実際には、小さな違いが2つあります。

- 1. 周波数(常に平均)は以下のようにして計算します。
 - $f = \frac{number \ of \ cycles}{actual \ gate \ time}$
 - 一方、周期平均は以下のように計算されます。
 - $p = \frac{actual gate time}{number of cycles}$
- 2. シングル周期測定では、プリスケーラは使用されません。

周波数の測定に関してこれまでに説明された、他のすべての機能は周期測定 にも当てはまります。

シングル A、B 連続 (FCA3100 シリーズの み)

メニュー・パス: Meas > Period > Single Back to Back

この測定では、タイムスタンプを使用して、デッド・タイムなしで連続した周期測 定を行います。

最高周波数(補間器校正が On で 125 KHz、または補間器校正が Off で 250 KHz)までの正または負のゼロ交差(選択したスロープによる)ごとにタイム・スタンプが付けられます。新しいタイム・スタンプごとに、現在の値から前の値が 差し引かれて表示されます。

Value モードでは、周期が 200 ms を超える場合には、新しい周期ごとに画面 が更新されます。より短い時間の場合は、限定的な更新レートに従って、2 周期、3周期、4 周期ごとなどに結果が表示されます。

Analyze モードでは、図および統計データに最高入力周波数までの全周期が 含まれます。より高い周波数では、4 μ s または 8 μ s の観察期間における 平均周期を表示します。そのため、高い周波数の場合、実際の機能は Period Average Back-to-Back になります。

この機能の主な目的は、結果の処理で1つも周期を失うことなく、比較的長期間の連続測定を行うことです。典型的な例が、GPS レシーバからの1 pps タイム・ベース出力です。

平均 A、B メニュー・パス: Meas > Period > Average

信号の平均周期を測定します。この測定により、シングル周期測定よりも高い 分解能のリードアウトが得られます。

周波数

Freq A、B 連続(FCA3100 シリーズのみ) メニュー・パス: Meas > Freq > Single Back to Back

この測定では、タイム・スタンプを使用して、デッド・タイムなしで連続した周波 数測定を行います。

これは Period Back-to-Back の逆の機能です。Analyze モードでは、測定時間 はタイム・スタンプのペーシングに使用されます。この場合はペーシングのパラ メータは使用しません。

デッド・タイムなしの連続平均周波数測定は、アラン偏差の計算に使用されま す。こうした統計測定は、広く発振器のメーカーによって短期的な安定性を試 験するために使用されます。

時間測定

はじめに

2 つの個別チャンネル上で開始条件から停止条件までの時間を測定することが、すべてのタイム・インターバル測定の基本です。Time Interval A to B に加えて、カウンタにより他のチャンネルの組み合わせや、Pulse Width や Rise/Fall Time のような派生機能も提供されます。

時間はトリガ・ポイントとリセット・ポイントの間で測定されます。ヒステリシス帯が狭い場合にのみ、正確な測定が可能です。



トリガおよび時間測定

開始トリガと停止トリガは、設定されたトリガ・レベルとトリガ・スロープによって定義されます。Autoがオンの場合、トリガ・レベルは信号振幅の50%に設定されます。これは多くの時間測定において理想的です。

信頼できる時間測定の条件 - まとめ:

- 通常、時間測定を行う場合は Auto Once、または Auto Trig で決定された トリガ・レベルを設定することが最適な選択となります。Man Trig を押して、 Auto Set を1回押します。
- DC カップリング
- 1x 減衰。トリガ・レベルを設定する前に Auto Set が使用された場合は、自動的に選択されます。
- 高い信号レベル
- 急峻な信号エッジ

入力増幅器の感度は高くても、立上り時間と立下り時間が異なる信号では、ヒ ステリシス帯によりわずかなタイミング・エラーが生じます。例として、前の図の ような非対称のパルス信号があります。このタイミング・エラーには、トリガ・ポイ ントをヒステリシス帯の中央に仮想的に移動するヒステリシス補正を使用して対 処されます。

タイム・インターバル

メニュー・パス: Meas > Time > Time Interval

タイム・インターバル測定は、特定のトリガ・レベル間の立上り時間と立下り時間を測定します。

Input A/B > Slope ボタン(正のスロープ・エッジまたは負のスロープ・エッジの 記号)を使用して、測定を開始または停止する信号エッジを設定します。

- Time Interval A to B: 入力 A 上の開始条件と、入力 B 上の停止条件との 間の時間を測定します。
- Time Interval B to A: 入力 B 上の開始条件と、入力 A 上の停止条件との 間の時間を測定します。
- Time Interval A to A, B to B:同一(共通)の信号ソースを開始と停止の両 方のトリガ・イベントに使用する場合は、その信号を入力 A または入力 B のいずれかに接続します。

立上り/立下り時間 A/B

メニュー・パス: Meas > Time > Rise Time、Meas > Time > Fall Time

慣習により、立上り/立下り時間の測定は、信号振幅の 10% を通過した時から振幅の 90% に到達するまでの時間を測定します。



トリガ・レベルは自動的に計算され、設定されます。立上りおよび立下り時間は、入力 A および入力 B のどちらでも測定できます。

他にも測定されるパラメータとしては、Slew Rate (V/s)、 V_{max} および V_{min} があります。

ECL 回路の場合、リファレンス・レベルは 20%(開始)および 80%(停止)です。 この場合、以下の 2 つの手法のうちどちらを使用してもリファレンス値を設定 できます。

1. 上述の一般的な Time Interval 機能を選択し、絶対ピーク値からトリガ・レベルを計算した後に、手動でその値を設定します。こうすると、補助的なパラメータである V_{max} および V_{min} を利用することができます。入力 A で行う 測定では、以下の設定を使用します。

立上り時間:

トリガ・レベル A = V_{min} +0.2 (V_{max} - V_{min})

トリガ・レベル B = V_{min} +0.8 (V_{max} - V_{min})

立下り時間:

トリガ・レベル A = V_{min} +0.8 (V_{max} - V_{min})

トリガ・レベル B = V_{min} +0.2 (V_{max} - V_{min})

2. 専用の立上り/立下り時間測定の1つを選択し、オート・トリガがアクティ ブなときに、相対トリガ・レベル(%で)を手動で調整します。1つのチャン ネルのみがアクティブな信号入力でも、両方の入力チャンネル・メニューを 使用してトリガ・レベルを入力します。

オーバーシュートやリンギングも測定に影響を及ぼします(53ページ「オート・ トリガ」参照)。

タイム・インターバル・エラー(TIE)(FCA3100 シリーズのみ)

メニュー・パス: Meas > Time > TIE

TIE 測定では連続タイムスタンプを使用して、表面的には安定した信号における緩やかな位相シフト(ワンダ)を長時間にわたって観察します。同期データ伝送システムにおける分散 PLL クロックの監視が典型的なアプリケーションです。

TIE 測定はクロック信号にのみ適用可能であり、データ信号には適用できません。

チェックする信号の周波数設定は、手動または自動のいずれでも行えます。 Autoは、最初の2つのサンプルから周波数を検出します。値は4桁に丸められ、例えば2.048 MHzとして、照会が送られるとバス上に出力します。Value モードの補助測定値としても表示されます。

TIE は、入力信号と内部または外部タイムベース・クロックとの間のタイム・イン ターバルとして測定されます。これらの信号はフェーズ・ロックされていないた め、測定の開始時点の実際のタイム・インターバルの値には無関係です。t= 0における結果は算術的に0にされます。Analyze モードのグラフィック表示 は、座標の原点から開始されます。

パルス幅 A/B

メニュー・パス: Meas > Pulse > Width Positive、Meas > Pulse > Width Negative

入力 A または入力 B のいずれも測定に使用でき、正、負、どちらのパルス幅 も選択できます。

- 正のパルス幅とは、立上りエッジから次の立下りエッジまでの時間を意味します。
- 負のパルス幅とは、立下りエッジから次の立上りエッジまでの時間を意味 します。

選択したトリガ・スロープが開始トリガ・スロープとなります。停止スロープには 自動的に逆の極性が選択されます。

デューティ・ファクタ A/B

メニュー・パス: Meas > Pulse > Duty Factor Positive、Meas > Pulse > Duty Factor Negative

デューティ・ファクタ(または、デューティ・サイクル)は、パルス幅と周期との間の比率です。

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

この比率は、1回のパスで3つのタイム・スタンプ測定(選択された測定機能 がDuty Factor Positive on Input Aの場合、連続した正の trig-A が2つと、負 の trig-A が1つ)を行うことによって決定されます。

測定には入力 A または入力 B のどちらでも使用でき、また正、負、いずれの デューティ・ファクタの測定も行えます。Period and Pulse Width 測定値も表示 されます。

注: この測定には3つの測定ステップが必要なため、総測定時間はシングル 測定に比べて3倍かかります。

時間測定誤差

ヒステリシス

・ス トリガ・ヒステリシスは時間測定誤差の原因となります。タイミング測定のトリガは、下の図に示すように、入力信号が振幅の 50% を通過する時ではなく、入力信号がヒステリシス帯から抜ける時に発生します。



ヒステリシス帯は減衰が1xで約20mV、減衰10xでは約200mVです。

ヒステリシスのトリガ・エラーを低く抑えるには、可能な場合はアッテネータを1x に設定します。減衰10xは、入力信号の振幅が過度に大きな場合、またはトリ ガ・レベルを5Vより高く設定する必要がある場合にのみ使用します。

オーバードライブおよび パルスの丸み 信号のオーバードライブが不十分な状態でトリガすると、別のタイミング誤差が 発生します。パルスの最大電圧に近過ぎる所でトリガすると、2つの現象、即ち オーバードライブと丸みにより測定結果に不確実性が生じる可能性があります。

FCA3000、FCA3100、および MCA3000 シリーズ・ユーザ・マニュアル

オーバードライブ:入力信号がわずかなオーバードライブでヒステリシス帯を抜ける場合、トリガは通常より約100ps長くかかります。仕様上のワースト・ケースで500psのシステム上のトリガ誤差には、このエラーが含まれています。このエラーを回避するためには、入力信号またはトリガ・レベルに十分なオーバードライブがあることを確認してください。

パルスの丸み: 非常に高速のパルスの場合は、パルスの丸み、オーバーシュート、または他の誤差の影響を受ける可能性があります。特に高速な回路を測定する場合、パルスの丸みにより、大きなトリガ誤差が発生することがあります。

オート・トリガは未知の信号の測定において大変効果的です。しかし、オーバー シュートやリンギングにより、オート・トリガで最小/最大信号レベルが若干ず れて選択されることがあります。これは周波数測定などには影響を与えません が、遷移時間の測定には影響する可能性があります。従ってロジック回路な ど、既知の信号で操作する場合は、トリガ・レベルを手動で設定してください。

> 信号の繰り返し率が 100 Hz (デフォルト)を下回る場合、またはオート・トリガの 低周波メニュー、Settings > Misc > Auto Trig Low Freq で 1 Hz ~ 50 KHz の 間の値を入力して設定する低周波限界値を下回る場合は、必ずマニュアルの トリガ・レベルを使用してください。

位相測定

位相は、同一の周波数を持つ2つの信号間の時間差であり、角度として表されます。



タイマ/機器で位相遅延を測定する従来の方式は、2つの連続した測定から なる2段階のプロセスで、周期測定の直後にタイム・インターバル測定を行い ます。その後、位相遅延は以下のように数学的に計算されます。

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

また別の書き方をすると以下のようになります。

Phase A-B = 360° × Time Delay × Freq

FCA3000、FCA3100、および MCA3000 シリーズの機器では、より精密な方式 を用いて位相を決定します。どちらの測定も、測定タイム・スタンプに沿って、 1 つのパスで行われます。信号の位相関係も含め、位相の差異を計算するた めには、入力 A および入力 B 上のトリガ・イベントの 2 つの連続したタイム・ スタンプで十分です。

分解能

160 MHz までの信号で位相の測定が行えます。測定の分解能は周波数に依存します。100 KHz より低い周波数の場合、分解能は 0.001°、10 MHz より高い周波数の場合は 1°です。位相測定の分解能は、測定値を平均化する組み込みの統計関数を使用すればさらに改善されます。

可能性のある誤差

位相は 160 MHz までの入力信号周波数で測定できます。しかし、このような 非常に高い周波数では、位相の分解能が次のように低下します。

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

誤差 位相 A-B 測定の誤差は、以下の複数の外部パラメータに依存します。

- 入力信号の周波数
- 入力信号 A および B のピーク振幅とスルー・レート
- 入力信号の S/N 比

以下の機器内部のパラメータも重要です。

- 入力Aおよび入力Bの信号経路間の内部時間遅延
- 入力 A および入力 B の間のヒステリシス・ウィンドウの差異

位相測定の誤差には、ランダム・エラーとシステマチック・エラーの2種類があり ます。ランダム・エラーは、分解能(量子化)およびノイズ・トリガ・エラーから構成 されます。システマチック・エラーは、「チャンネル間の遅延差異」エラーおよび 「トリガ・レベルのタイミング」エラーから構成されます。システマチック・エラーは 特定の入力信号セットに一定に見られ、一般的には、校正測定を行った後で、 コントローラ(GPIB システム)内で、またはローカルに Math/Limit メニュー(マ ニュアル操作)を使用して補正が可能です(58ページ「補正の方法」参照)。

位相測定におけるランダム・エラー: 位相の量子化誤差のアルゴリズムは以下のとおりです。

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

例えば、1 MHz の入力信号における量子化誤差は、次のようになります。

100 ps $\times 360^{\circ} \times (1 \times 10^{6}) \approx 0.04^{\circ}$

トリガ・ノイズ誤差も追加する必要があります。これは、開始および停止トリガ誤 差から構成されます。入力信号が正弦波の場合は、各誤差は次のようになりま す。

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

上記の例を使用して、S/N 比が 40 dB になるようにノイズを加えます。これは、 振幅比では 100 倍に相当します(電力比では 10,000 倍)。結局、ランダム・エ ラーに与えるトリガ・ノイズの寄与は、次のように表されます。

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

ランダム・エラーの合計は、ランダムであるという性質上、線形ではなく、"RMS" で追加しなければなりません。これを上の例に当てはめると次のようになります。

ランダム・エラー

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

これにより、総ランダム・エラーは次のようになります。

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

内部増幅器ノイズによって引き起こされるランダム・エラーはどうなるでしょうか。 内部ノイズの寄与は通常は無視できるものです。内部/外部を問わず、信号 上のノイズによって引き起こされる位相誤差は、次のようになります。

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

入力信号 250 mV_{rms} および典型的な内部ノイズ・フィギュア 250 μ V_{rms} として、 少なくとも 60 dB (1,000 倍)の S/N 比が得られます。これにより 0.06° という ワースト・ケースの誤差が得られます。入力信号を 1.5 V_{rms} に増やすと、誤差 は 0.01° に減少します。

ランダム・エラーを低減する別の方法としては、統計関数を使用して、複数の サンプルから平均値を計算する方法があります。

位相測定におけるシステマチック・エラー:システマチック・エラーは以下の要素から構成されます。

- 内部チャンネルの伝搬遅延差異
- トリガ・レベルの不確実性に起因する、トリガ・レベルのタイミング誤差(開始および停止)

内部チャンネルの伝搬遅延差異は、両方の入力チャンネルで同一のトリガ条件とすると、通常は 500 ps です。従って、対応する位相差異は、

 $<0.5 \text{ ns} \times 360^{\circ} \times FREQ$

以下の表は、内部チャンネルの伝搬遅延差異による位相誤差を周波数別に 示したリストです。

周波数	位相誤差(度数)
160 MHz	28.8°
100 MHz	18.0°
10 MHz	1.8°
1 MHz	0.18°

周波数	位相誤差(度数)
100 KHz	0.018°
10 KHz 以下	0.002°

トリガ・レベルのタイミング誤差は、以下のファクタに依存します。

- トリガ・レベル DAC の不確実性およびコンパレータのオフセット・エラーにより、実際のトリガ・ポイントは正確にはゼロではない。
- 2つの信号で、ゼロ交差時のスルー・レートが異なる。

どの機器にも入力ヒステリシスがあります。これは、ノイズによる入力トリガの誤りを防ぐために必要です。ヒステリシス帯の幅により機器の最大感度が決まります。最大感度は約30mVであるため、トリガ・レベルを0Vに設定すると、実際のトリガ・ポイントは通常+15mVになり、リカバリ・ポイントは-15mVになります。このようなタイミング誤差は、ヒステリシス補正により相殺されます。

ヒステリシス補正とは、実際のトリガ(オフセット後)が設定されたトリガ・レベル (オフセット前)と等しくなるように、マイクロコンピュータでトリガ・レベルをオフ セットすることを意味します。この汎用ヒステリシス補正は位相、タイム・インター バル、および立上り/立下り時間の測定で有効です。それでも数 mV の不確 実性が残り、またトリガ・ポイントの温度によるドリフトも存在します。

公称トリガ・ポイントは0Vであり、±10mVの不確実性が伴います。

次の式で表される正弦波を考えます。

 $V(t) = Vp \times sin\left(2\pi ft\right)$

この波形のゼロ交差の近辺のスルー・レートスルー・レート $\frac{\Delta V}{\Delta t}$ は $V_p \times 2\pi f$ です。これにより、システマチック・タイム・エラーは 0 mV の交差ではなく、10 mV での交差で発生します。

$$10 \ mV$$

 $\overline{(Vp \times 2\pi \times FREQ)}$

以下の表では、対応する位相誤差を度数で表しています。

周波数	位相誤差(度数)
160 MHz	28.8°
100 MHz	18.0°
10 MHz	1.8°
1 MHz	0.18°
100 KHz	0.018°
10 KHz 以下	0.002°

 $10 \ mV \times 360^{\circ} \times FREQ$

 $Vp \times 2\pi \times FREQ$

これを通分すると、次のようになります。

 $\frac{0.6}{Vp}$ (in[°])

この誤差は両方の入力に発生する可能性があるため、ワースト・ケースのシス テマチック・エラーは次のようになります。

 $\frac{0.6}{Vp~(A)} + \frac{0.6}{Vp~(B)}~(in^{\circ})$

補正の方法: 上記の計算には、システマチックな合計位相誤差の各要因における典型的な不確実性が示されています。特定の入力信号セットについて、校正測定を行うことにより、この誤差をほぼ完全に補正できます。許容可能な残留誤差に応じて、以下の方式のいずれかを使用できます。最初の方式は大変シンプルですが、チャンネル間の伝搬遅延差異を考慮に入れていません。2 番目の方式では、細心の注意を払って行えばすべてのシステマチック・エラーが含まれますが、実際的ではない場合があります。

校正測定の方法 1:

- 1. テスト信号を入力 A および入力 B に接続します。
- 2. 機能 Phase A rel A を選択して、初期誤差を調べます。
- Math/Limit メニューで、X₀を押して、この値を公式 K×X+L の定数 L として入力し、符号を変えます。
- 4. 今後の Phase A rel B を選択した位相測定では、現在の測定結果(X₀)が 差し引かれます。システマチックな位相誤差のかなりの部分がこれで相殺 されます。この校正は、周波数や振幅が変わると繰り返し行う必要がある ことに注意してください。

校正測定の方法 2:

- ソース・インピーダンスに応じて 50 Ω のパワー・スプリッタか BNC T 型コ ネクタを使用して、入力 A および入力 B の両方に測定する信号の1 つを 接続します。パワー・スプリッタまたは T 型コネクタと機器の入力との間の ケーブル長が等しいことを確認してください。
- 2. 機能 Phase A rel B を選択して、結果を読み取ります。
- 3. この値を、上記の方式1の説明と同様に、修正ファクタとして入力します。
- 4. 誤差を最小にするには、校正と測定の間の差異を縮めるために、入力信 号の振幅を一定に保ちます。
- 5. 周波数と振幅に関する方式1と同様の制限がこの方式でも適用されます。 信号の周波数や振幅が変わるたびに、再校正を行う必要があります。

入力信号の一般的な設定は以下のとおりです。

スロープ	+ または -
カップリング	AC
インピーダンス	ソースおよび周波数により、1 ΜΩ または 50 Ω
トリガ	マニュアル
---------	-------
トリガ・レベル	0 V
フィルタ	オフ

残留システマチック・エラー:上記の方式に従って修正を数学的に(ベンチ上 またはコントローラ内で)適用することにより、システマチック・エラーは低下し ますが、完全に除去することはできません。残った時間遅延誤差はほぼ無視 できますが、トリガ・レベルによる誤差は、特に温度条件が一定ではない場合 に、必ずある程度は残ります。

積算(FCA3100 シリーズのみ)

メニュー・パス: Meas > Totalize

積算機能は、入力 A 上および入力 B 上のトリガ・イベントの数を積算します。 5 つの積算機能が使用できます。

Hold/Run(マニュアルの積算機能)を切り替えて手動でゲートを制御するのに 加え、Settingsの下のアーミング機能を使用してゲートの開閉を行うこともでき ます。以下で各種機能について説明します。

ゲートが開いている間は、画面が連続的に更新されます。Restart を行うまで、 イベントは引き続くゲートのオープン期間に累積されます。

注: マニュアルの積算機能は、統計機能や、ブロックおよびペーシングのよう なパラメータと組み合わせて使用することはできません。

オート・トリガは積算では通常のように動作しません。積算測定を開始する前に Auto Once アクションが1回実行され、適切なトリガ・レベルが1回計算され、設定されます。

- Totalize A この測定では、入力 A 上のトリガ・イベント数を積算(カウント)します。算出補助パラメータは、A-B および A/B です。開始/停止は Hold/Run ボタンを押して手動で制御し、Restart を押すとカウント・レジスタがリセットされます。
- Totalize B この測定では、入力 B 上のトリガ・イベント数を積算(カウント)します。算出補助パラメータは、A-B および A/B です。開始/停止は Hold/Run ボタンを押して手動で制御し、Restart を押すとカウント・レジスタがリセットされます。
- Totalize A+B この測定では、入力 A 上および入力 B 上のトリガ・イベントの合計を計算します。補助パラメータは A および B です。開始/停止は Hold/Run ボタンを押して手動で制御し、Restart を押すとカウント・レジスタがリセットされます。

Totalize A-B この測定では、入力 A 上および入力 B 上のトリガ・イベント間の差を計算します。補助パラメータは A および B です。開始/停止は Hold/Run ボタンを押して手動で制御し、Restart を押すとカウント・レジスタがリセットされます。

TOT A-B MAN は、例えば、制御システムにおける流量差の測定を可能にします。

例: 駐車場内の車の台数は、入り口(A)のゲートを通過する車の台数から出口(B)のゲートを通過する車の台数を引いたものに等しい。

Totalize A/B この測定では、入力 A 上および入力 B 上のトリガ・イベントの比を計算できます。補助パラメータは A および B です。開始/停止は Hold/Run ボタンを押して手動で制御し、Restart を押すとカウント・レジスタがリセットされます。

積算とアーミング 積算と併せてアーミングを使用すると、チャンネルA、B、またはEに接続し た外部信号によりゲートの開閉が行えます。この方法では、チャンネル、スロー プ、および開始/停止の遅延時間を選択することにより、Aの積算、Bによる 開始/停止、A-Bの積算、Eによるゲート、および Bの積算、Aによる時間などの機能を使用できます。

マニュアルの積算機能とは異なり、アーミング積算機能ではブロックおよびペーシングの制御が可能です。その結果、すべての統計機能が使用できます。停止条件ごとに新しい結果が表示されます。

注:開始アーミングを設定した場合は、入力A、入力B、入力E、または時間 による停止アーミング条件も設定しなければなりません。

例:アーミングのパラメータは Settings > Arm メニューにあります。

上記の積算機能をセットアップするには、以下を行います。

Aの積算、Bによる開始/停止:

- 1. Meas メニューで Totalize を選択し、次に A を選択します。
- 2. 測定する信号を入力 A に接続します。
- 3. 入力 A のトリガ・レベルを手動で適切な値に設定します。
- 4. 制御信号を入力 B に接続します。
- 5. 入力 B のトリガ・レベルを手動で適切な値に設定します。
- 6. Settings > Arm を押して、以下のパラメータを設定します。
 - Arm on Sample/Block:各イベントまたはイベントの各ブロック(Analysis モード)をアーミングすべきかどうかを決定します。
 - Start Channel:B を選択します。

- Start Slope: Positive スロープを選択します(立上りエッジ記号)。
- Start Delay:制御信号から実際にゲートを開くまでの間に遅延(10 ns ~ 2 s)を挿入する必要があるかどうかを判断します。
- Stop Delay:ゲートが停止チャンネル上の制御信号に応答しない期間として、遅延(10 ns ~ 2 s)を挿入する必要があるかどうかを判断します。 主な用途としては、リレー接点のバウンスによりゲートが誤って閉じてしまうのを防ぐことが挙げられます。
- Stop Channel: B を選択します。
- Stop Slope: Positive スロープを選択します(立上りエッジ記号)。

A-B の積算、E によるゲート:

- 1. Meas > Totalize > A-B を押します。
- 2. 測定する信号を入力 A および入力 B に接続します。
- 3. 入力 A および入力 B のトリガ・レベルを手動で適切な値に設定します。
- 4. 制御信号(TTL レベル)を入力 E に接続します。
- 5. Settings > Arm を押して、以下のパラメータを設定します。
 - Arm on Sample/Block:各イベントまたはイベントの各ブロック (STATISTICSモード)をアーミングすべきかどうかを決定します。
 - Start Channel: E を選択します。
 - Start Slope: Positive スロープを選択します(立上りエッジ記号)。
 - Start Delay:制御信号から実際にゲートを開くまでの間に遅延(10 ns ~ 2 s)を挿入する必要があるかどうかを判断します。
 - Stop Delay:ゲートが停止チャンネル上の制御信号に応答しない期間として、遅延(10 ns ~ 2 s)を挿入する必要があるかどうかを判断します。 主な用途としては、リレー接点のバウンスによりゲートが誤って閉じてしまうのを防ぐことが挙げられます。
 - Stop Channel: E を選択します。
 - Stop Slope: Negative スロープを選択します(立下りエッジ記号付き)。

Bの積算、Aによる時間: この機能により、正確なゲート・タイムの開始を外部 イベントと同期できます。

- 1. Meas > Totalize > B を押します。
- 2. 測定する信号を入力 B に接続します。
- 3. 入力 B のトリガ・レベルを手動で適切な値に設定します。
- 4. 制御信号を入力 A に接続します。

- 5. 入力 A のトリガ・レベルを手動で適切な値に設定します。
- 6. Settings > Arm を押して、以下のパラメータを設定します。
 - Arm on Sample/Block:各イベントまたはイベントの各ブロック (STATISTICS モード)をアーミングすべきかどうかを決定します。
 - Start Channel:Aを選択します。
 - Start Slope: Positive スロープを選択します(立上りエッジ記号)。
 - Start Delay:制御信号から実際にゲートを開くまでの間に遅延(10 ns ~ 2 s)を挿入する必要があるかどうかを判断します。
 - Stop Delay: 測定時間を 10 ns ~ 2 s の間で設定します。
 - Stop Channel: Time を選択します。

電圧測定

V_{MAX}、V_{MIN}、および V_{PP}

本器では、DC 入力電圧(自動選択の 2 つのレンジにおいて - 50 V ~ +50 V) および 1 Hz ~ 300 MHz の間の繰り返し信号について、入力電圧の V_{MAX} 、 V_{MIN} および V_{PP} が測定できます。測定の確度は、読み値の約 1% です。

Meas > Volt を押して、電圧測定メニューを開きます。

デフォルトの低周波限界値は 20 Hz ですが、Settings > Misc (その他)メニュー を使用して限界値を1 Hz ~ 50 KHz に変更できます。低周波限界値を高くす ると、測定が速くなります。

いずれかの電圧測定を選択すると、その測定値が大きな数字で、また最高の 分解能で表示されます。他の測定値は、画面の下の方に小さな文字で表示さ れます。

電圧測定は、一連のトリガ・レベルを設定して、測定器がいつトリガを感知する かにより決定されます。



V_{RMS}

入力信号の波形(正弦波、三角波、方形波)が分かっている場合は、最大値 (V_p)と実効値(V_{rms})の商(Q_{CF})で定義される波高率を使用して、演算関数 K*X+Lの定数 K を設定できます。画面には、 V_{pp} を主要パラメータと仮定し て、入力信号の実際の V_{rms} 値が表示されます。

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

例えば、正弦波の波高率は1.414(√2)であるため、上記式の定数は0.354となります。これを設定するには、次の手順を実行します。

- 1. Math/Limit > Math > Math(Off) > K*X+L を押します。
- 2. Kを押して 0.354 を入力します。

- 3. L 定数がデフォルト設定の 0(ゼロ) に設定されていることを確認します。
- 4. 選択した値を画面下側のメニュー・ソフトキーで確認し、メニューを終了します。

入力が AC カップリングで、V $_{pp}$ が選択されている場合は、正弦波入力の RMS 値が画面に表示されます。

正弦波が DC 電圧に重畳している場合、RMS 値は次のように求められます。

 $0.354*V_{pp} + V_{DC}$

V_{DC} が不明の場合は、次のようになる場合があります。

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

DC 電圧上に重畳した正弦波の rms 値を表示するには、上記の例に従い、その上で L = V_{DC} に設定します。

演算および統計測定

本器ではアベレージング、演算、および統計のポスト・プロセシング関数が提供されます。これらの関数は個別に、または組み合わせて使用できます。

アベレージング

周波数測定および平均周期測定では、ハードウェア・ベースのアベレージン グ(入力信号のいくつかの完全なサイクルに対してクロック・パルスをカウントす る)を使用して、平均化された測定結果を得ます。他のすべての測定では、ソ フトウェア・ベースの平均化手法を使用して、測定の平均値を計算します。周 波数および平均周期以外の測定では、統計的な数値モードを使用して測定 の平均化された結果を表示します。

Settings > Meas Time を使用して、測定時間(レンジは 20 ns ~ 1,000 s、20 ns 分解能、デフォルト値 200 ms)を設定します。測定時間を長くすると表示桁が 増え(高分解能)ますが、秒当たりの測定数は少なくなります。Meas Time は周 波数および平均周期の測定にのみ適用できます。

デフォルトの Meas Time 設定では 11 桁を表示し、秒当たり 4 ~ 5 回の測定 を行います。

注: 最短の測定時間(20 ns)を簡単に選択するには 0 を入力します。自動的 に 20 ns が選択されます。

演算

本器には定義済みの演算式が5つ用意されており、これらを使用して測定結果を処理してから、その値を画面に表示します。使用できる演算式は以下の とおりです。

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

これらの式は Math/Limit > Math サブメニューにあります。

X は測定結果のプレースホルダです。Math をアクティブにした後で測定結果 が直接影響を受けないように、K、L、および M のデフォルト値が選択されま す。デフォルトの工場集荷時設定を呼び出すと、これらの値もリストアされます。 例えば、ある初期周波数からの偏移を測定するには(周波数そのものを測定 するのではなく)、以下を行います。

- 1. User Opt > Save/Recall > Recall Setup > Default を押して、デフォルトの設 定を呼び出します。
- 2. 測定する信号を入力Aに接続します。
- 3. Auto Set を押して、自動的に最適なトリガ条件を見つけ出すようにします。
- 4. Math/Limit > Math > L を押します。
- 5. Lの値は、次のいずれかの方法を使用して設定できます。
 - 現在の測定値が目的に合っている場合は、X₀を押して、その値を定数Lに送ります。希望の値を設定し終わるまで、X₀を繰り返し押すことができます。
 - キーパッドを使用して、手動で数値を入力します。
- 6. Save Exit を押して、値を確定し保存します。
- 7. Math を押して、K*X+L 式を選択します。 画面には入力した値からの偏移 が表示されます。

測定結果をスケーリングするには、定数 K を使用します。

結果を相対的偏移で表示したい場合は、式 X/M-1 を使用します。

統計

統計はすべての測定に適用でき、演算処理の結果にも適用できます。Analyze ボタンを押して切り替えることにより、統計のリードアウトが使用できます。

使用可能な統計のリードアウトは次のとおりです。

- Max: サンプルされた N 個の x_i値の中から最大値を表示します。
- Min:サンプルされた N 個の x i 値の中から最小値を表示します。
- P-P:サンプルされた N 個の x i 値からピーク・ツー・ピーク偏差を表示します。
- MEAN (メイン測定リードアウトの一部として):サンプルされた N 個の x_i値 から、次の計算式により相加平均値(x)を表示します。

$$\overline{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} X_{i}$$

 Std:N 個のサンプル値の標準偏差を次の式に従って計算して表示します。 標準偏差は分散の平方根です。

$$S = \sqrt{\frac{\sum\limits_{i=1}^{N} \left(X_i - \overline{X}\right)^2}{N - 1}}$$

 Adev:N 個のサンプル値のアラン偏差(σ)を次の式に従って計算して表 示します。アラン偏差は、アラン分散の平方根です。

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

統計式における N はサンプル数を表し、2 ~ 2*10⁹ までの整数値です。

アラン偏差と標準偏差 アラン偏差は、短期間のサンプル(測定値)に基づく、短期不安定度(通常、 ジッタやフラッタに起因するものなど)を示す統計値です。隣接したサンプルを 連続的に比較することにより、経年変化、温度変化、変動による長期的変化の 影響を排除します。

> より一般的な統計値である標準偏差では、すべてのサンプルが全体の平均値 と比較されるので、すべての種類の偏差の影響が含まれます。

> アラン偏差と標準偏差は、ヘルツや秒など、メイン測定値と同じ単位で表示さ れます。

- サンプリング・パラメータ 1. Settings > Stat を押します。
 - の設定
- 2. No. of samples を押し、数値ボタンまたは上下の矢印ボタンを使用して数 値を入力します。Save/Exit を押して値を保存します。
- 3. ヒストグラム表示では、No. of Bins を押して値を入力します。Save/Exit を 押して値を保存します。
- 4. Pacing time を押して、値(2 μ s ~ 500 s の範囲、デフォルト値は 20 ms) を入力します。ペーシング・パラメータにより、サンプリング・インターバル が決まります。
- 5. Pacing Off を押して Pacing On に切り替えて、設定したペーシング時間を 有効にします。Pacing Off というステータスは、指定数のサンプルを最小の 遅延で採取することを意味します。
- 6. Hold/Run を押すと測定プロセスが停止します。
- 7. Restart を押すと単発のデータ収集が行われます。
- 8. Analyze を切り替えると、測定結果を各種の統計表示モードにより見ること ができます。
- **注**: データの収集が完了するまで、画面には暫定的な結果が表示されます。

統計と測定速度 統計測定を使用する場合は、測定時間が長くなり過ぎないように注意する必要があります。1000 サンプルを基礎とする測定では、1000 の測定値が収集されるまで、完全な統計結果は表示されません。機器の設定に注意しないと、統計結果の表示に長い時間がかかることがあります。

ここに、統計測定プロセスを短縮するためのヒントを挙げます。

- オート・トリガを使用しない。オート・トリガ・モードでは、測定ごとにトリガ・レベルの計算が行われます。最適なトリガ・レベルを調べて、それを手動で設定します。
- 測定時間は、必要な分解能を得るために必要な長さに留めます。
- 長期にわたるデータ収集が必要ない限り、ペーシング時間(測定インター バル)はなるべく短くします。

注:測定プロセス中は、機器に暫定的な結果が表示されます。

短期と長期の不安定度 統計測定を行う際には、測定目的に沿って測定時間を選択する必要があります。例えば、ジッタや非常に短時間(サイクル間)の変動では、サンプルを1回の測定として採取する必要があります。

平均値(周波数または平均周期のみ)を使用する場合、指定測定時間が入力 信号(160 MHz まで)の周期より短くない限り、統計計算に使用されるサンプル 値は既に平均化されています。この周波数を超えると、プリスケーリング(2)が 適用され、その結果一定の平均化が行われます。これは、長期または中期の 不安定度を測定する際に非常に有用です。ここで、平均化はスムージングとし て働き、ジッタの影響をなくします。

次の図の信号には、緩やかな信号変動と共にジッタが含まれています。ジッタ を測定する場合は、緩やかな変動が測定値に大きな影響を与えないように、 サンプル数を限定することが必要です。別の方法として、この種の測定にはア ラン偏差による統計測定を使用することができます。



緩やかな変動を測定するには、長い一連の平均化されたサンプルの最大値、 最小値、平均値を計算します。平均化により各サンプル内のジッタが除去さ れ、測定時間の長さとサンプル数が大きいことにより、測定値の非常に緩やか な変動が記録されます。ペーシング時間の最大値は 500 s、各サンプルの測 定時間の最大値は 1000 s、最大サンプル数は 2*10⁹ です。

- 統計と演算 測定値を画面に表示したりバスに渡す前に、測定値に対して演算操作を加えることができます。特定の測定設定について測定値のシステム的不確実性を測定することができ、適切な演算式に必要な補正定数を入力することができます。その後、補正された測定値に対して統計計算が行われます。
 - 信頼限界 測定の信頼限界は、標準偏差の結果を使用して計算することができます。

信頼限界 = ±ks_x

ここで、

- s_x = 標準偏差
- k=1で信頼レベル 68.3% (1σ 限界)
- k=2で信頼レベル 95.5% (2σ-限界)

k=3で信頼レベル 99.7% (3σ-限界)

信頼限界の計算例: 次の例では、タイム・インターバル 100 µs の測定の信頼限界を計算します。数値統計モードを使用して、タイム・インターバルの平均値と標準偏差を読み取ります。安定した読み取りのために十分なサンプルを採ります。開始トリガと停止トリガの遷移は速く、測定の不確実性に影響しないものとします。

表示された平均値 = 100.020 μs および標準偏差 = 50 ns

よって、95.5%の信頼限界 = ±2s_x (= ±2 * 50 ns) = ±100 ns

3 σ の限界は ±3 * 50 ns = ±150 ns

ジッタ測定 統計計算により、パルス信号の短期タイミング不安定度(ジッタ)を簡単に知る ことができます。ジッタは通常、実効値で示されます。この値は単一の測定に おける標準偏差に等しくなります。本器は、ジッタの実効値を直接測定して表 示することができます。

> また、平均値の標準偏差を測定することもできます。実効値はジッタを数量化 する良い方法ですが、測定値の分布に関する情報は何も得られません。

> デザインを改良するために、分布の解析が必要となる場合があります。本器の統計解析機能を使用して、トレンド解析の測定を行います。Analyze ボタンを押して、数値およびグラフによる統計表示モードを選択します。

リモート・コントローラ(GPIB または USB)およびオプションの TimeView[™] Modulation Domain Analysis Software アプリケーションを使用すると、さらに 豊富な解析機能を利用することができます。

リミット・テスト

リミット・モードにより、本器をアラーム条件モニタ(リミット・テスタ)として使用することができます。測定結果をリアルタイムで監視して、リミット条件を超えた際にとるアクションを設定することができます。Math/Limit>Limitsを押してLimitsメニューを表示します。

Lower Limit および Upper Limit のメニュー項目を使用して、リミット・テストのレベルを設定します。

- リミット動作 Limit Behavior を押して、リミットを超えた際の本器の動作を設定します。リミット動作の選択肢は以下のとおりです。
 - Off:何も行わない。LIM インジケータは表示されません。
 - Capture:リミット設定を超えた測定値を取り込み、LIM インジケータを点滅します。そして、測定を続けます。テスト条件に一致するサンプルのみが統計表示の対象となります。
 - Alarm: LIM インジケータを点滅しながら測定を続けます。リミット外のサン プルも含め、すべてのサンプルが統計表示の対象となります。
 - Alarm_stop:LIM インジケータを点滅し、測定を停止します(本器はホールド状態となります)。リミット検出器をトリガすることになった測定値が表示されます。アラーム条件の前に取り込まれたサンプルのみが統計表示の対象となります。

アラーム条件は GPIB バスの SRQ 機能により検出することも可能です。 『FCA3000 シリーズ、FCA3100 シリーズ、および MCA3000 シリーズのプロ グラマ・マニュアル』を参照してください。

- リミット・テスト・モード リミット・テスト・モードには3種類があります。
 - Above:設定された下限値を超える測定値がパスします。画面でLIMシンボルが点滅している場合は、測定開始以降、測定結果が少なくとも1回は下限値に届かなかったことを示します。Restartを使用するとLIMシンボルを点滅しない状態にリセットすることができます。
 - Below:設定された上限値より下の測定値がパスします。画面で LIM シンボルが点滅している場合は、測定開始以降、測定結果が少なくとも 1回は上限値を超えたことを示します。Restart を使用すると LIM シンボルを点滅しない状態にリセットすることができます。
 - Range:指定した限界値の間(内側)の測定値がパスします。画面でLIMシンボルが点滅している場合は、測定開始以降、測定結果が少なくとも1回は下限値に届かなかったか、上限値を超えたことを示します。Restartを使用するとLIMシンボルを点滅しない状態にリセットすることができます。

Range が選択され、表示モードが Value の場合には、数値での表示と共に、 上限と下限に関連付けて現在の測定値が簡単なグラフィックで表示されます。

上限(UL)および下限(LL)は、メイン数値表示の下に縦バーで表示され、その数値がバーの隣に小さく表示されます。

このグラフは従来のアナログ指示の機器と似ています。測定値がリミット内の場合は笑顔の顔文字が表示されます。測定値がリミットから外れてもまだ表示領域内にある場合は、顔文字がしかめ面になります。測定値が表示領域外になると、画面の左側にく、または右側に>が表示されます。

リミット・インジケータのバーの位置は、リミット範囲が画面中央で画面領域の 1/3を占めるように固定されます。つまり、分解能とスケール長は指定されたリ ミット値によって設定されることになります。

リミットと解析モード リミット・テストをトレンド・プロットとヒストグラムに適用することができます(解析 モード)。上限/下限をトレンド・プロットとヒストグラムで使用すると、オートス ケールが無効となり、プロットのスケール長と分解能が間接的に設定されます。

アーミング

アーミングは、指定された入力で信号の変化を検出した際に、測定値の取り 込みを開始したり停止したりするものです。アーミングには、Arm Start と Arm Stop (Settings > Arm メニュー)の2種類があります。

アーミングは、次のような複雑な信号で周波数測定を行う場合に有用です。

- 単発イベントまたは繰り返さない信号
- パルス幅またはパルス位置が変化するパルス信号
- 時間と共に周波数が変化する信号(プロファイリング)
- 複雑な波形の信号の一部を選択する場合

アーミングは、アーミング入力(入力 A、入力 B または入力 E)で適切な信号 スロープが検出された場合に発生します。開始アーミングの検出から実際に 測定するまでの遅延を設定したり、測定期間を延長するために測定停止アー ミング条件(スロープと遅延時間)を設定することもできます。

ガイドライン

- 開始アーミングは、周波数バースト、比率、および電圧を除く、すべての測定で使用することができます。開始アーミングを平均値の測定で使用すると、最初のサンプルの開始のみが制御できます。
- 停止アーミングは、周波数バースト、比率、電圧、および立上り/立下り時間を除く、すべての測定で使用することができます。
- アーミングにより通常のフリーラン・モードが無効になります。有効な開始 アーミングの信号条件が検出されるまで、測定は行われません。
- アーミングの開始/停止の信号源には、入力 A、入力 B、または入力 E(リ ア・パネル上)を使用することができます。入力 A と入力 B の周波数レンジ は 160 MHz です。入力 E の周波数レンジは 80 MHz (TTL レベル)です。
- 入力Aまたは入力Bをアーミング信号として使用する場合、信号内のアーミング条件が160 MHzより低い周波数で起こらない限り、アーミング測定は160 MHz に限定されます。

開始アーミングと停止アーミング

開始アーミング 開始アーミング 「開始アーミングはオシロスコープの外部トリガと同様に動作します。これにより、 信号イベントに同期して実際の測定を開始することができます。開始アーミン グに遅延を追加して、測定の開始をアーミング・パルスに対して遅らせることが できます。開始アーミングは、単独で使用して測定を行うことも、停止アーミン グと組み合わせて測定を延長することもできます。

> 開始アーミングに使用できるパラメータは、チャンネル、スロープ、および遅延 です。

> パルス RF、パルス・バースト、TV の走査線信号や掃引信号などの複雑な波 形を生成する信号源は、一般に掃引の開始、RF バーストの長さ、TV 走査線 の開始に一致する同期信号を発生します。この同期信号を利用してアーミン グを行うことができます。



アーミング信号に対して開始アーミングのポイントを遅延することができます。 外部アーミング信号と測定したい信号部分が一致しない場合は、この機能を使 用します。遅延時間の範囲は 20 ns ~ 2 s であり、設定分解能は 10 ns です。

停止アーミング 停止アーミングは、アーミング入力信号上の指定スロープでレベル・シフトが 検出された時に測定を停止するものです。開始アーミングと停止アーミングを 組み合わせると、全体の測定期間を規定するゲート機能を果たすことになりま す。例えば、アーミングの開始/停止条件がバーストの内側に位置する場合、 開始/停止の組み合わせを利用して、パルス RF 信号の周波数を測定するこ とができます。



FCA3000、FCA3100、および MCA3000 シリーズ・ユーザ・マニュアル

停止アーミングに使用できるパラメータは、チャンネル、スロープ、および遅延 です。

注: Arm > Stop Delay 時間は、FCA3100 シリーズ機器の積算機能でのみ使 用できます。

開始/停止アーミングと バースト測定 ドを使用します。しかし、アーミング条件を使用しないバースト測定では、機器 がパルス・バーストに対して最善の同期を試みる、自己同期の周波数バースト モードで行われます。

> タイム・インターバル測定では、停止アーミング信号を一種の"外部トリガの ホールド・オフ信号"として使用することができます。ここでは、外部信号の期 間、停止トリガをブロックします。



アーミング入力信号

通常使用するアーミング入力は、入力 E(リア・パネル上)です。この入力は TTL レベルのアーミング(同期)信号に使用できます。トリガ・レベルは 1.4 V 固定で変えることはできません。トリガ・スロープは、正または負に設定すること ができます。

また、すべての 1 チャンネルまたは 2 チャンネル (この場合アーミング信号が 測定信号の 1 つになる)の測定で、入力 A または入力 B をアーミング入力と して使用することもできます。アーミング信号が TTL レベルでない場合は、こ れらの入力の方が適しています。入力 A および入力 B のすべてのコントロー ル (AC/DC、トリガ・レベル、50 Ω / 1 M Ω など)を使用してアーミング信号を 調節することができます。

測定信号をアーミング信 号として使用する

固有のトリガ・ポイントを持つ複雑な信号について時間測定や周波数測定を行う場合、入力 B をアーミングに使用して、測定信号を機器に"オートアーミング"させることができます。次の例では、信号が指定した電圧レベルに達した後に、信号の周波数を測定するように設定します。



- 1. パワー・スプリッタを使用して、信号を入力 A および入力 B に接続します。
- 2. Input A を押して、対象とする波形部分を測定するために設定を調整します。
- 3. Input B を押して、固有のトリガ・ポイントを検出できるように設定を調整しま す。DC カップリングと Manual トリガを使用して、特定のレベルに設定しま す。
- 4. Settings > Arm を押して、アーミングを有効にし、検出する Start Slope を 設定します。必要な場合は Start Delay を使用します。
- 5. 対象の信号領域に合致する測定時間を設定します。

アーミングとセットアップ時間

本器では、アーミング信号の変化を検出するために 5 ns のセットアップ時間 が必要です。



アーミング遅延を使用する場合は、セットアップ時間が変わります。次の図は、 遅延が切れてから測定がアーミングされるまでの時間(-60~+40 ns、全体で 100 ns の遅延分解能)を示します。図は、プログラムされた遅延時間が切れる 60 ns 前に、開始トリガ信号が検出されてしまうことがあることを示しています。 正確な測定開始を保証するために、開始トリガ信号は、プログラムされた遅延 が終了した 40 ns 後に来なければなりません。



アーミングの例

このセクションでは、種々のバースト信号の測定例を示します。最初の2つの例は、バーストの中から選択した正パルスのパルス幅を測定します。3番目の例は、バースト内のパルスの間の時間を測定します。適切な測定項目を選択すると、バースト信号の周期、立上り時間、デューティ・ファクタを測定することもできます。また、トリガ・スロープを変えると、負のパルスを測定することも可能です。

測定する信号の基本的なパラメータが不明な場合は、オシロスコープを使用し て信号のパラメータを調べてください。そのパラメータに従って、機器のトリガ・ スロープ、アーミング・スロープ、アーミング遅延を設定します。 アーミングの例:バース ト内の最初のパルスの 測定 この例では、パルス・バーストの繰り返しの中から、最初のパルスの幅を測定します。この例では、TTLレベルの同期信号(Sync)も使用可能です。最初に示す簡単な方法は、アーミングを使用せずに、本器が内部プロセスを入力信号に自己同期する傾向があることを利用します。



測定の開始(開始トリガ)を最初のパルスのリーディング・エッジに同期させま す。信号のタイミングにより、これは容易だったり、難しかったり、非常に困難に なる場合もあります。

アーミングなしの自動同期: アーミング機能を使わずに、バースト内の1つの パルスを測定することができます。多くの場合、機器は測定開始を最初のパル ス・トリガに自動的に同期させることができます。これが成功する条件は、以下 のとおりです。

- PRF が高過ぎないこと。150 Hz を超えず、望ましくは 50 Hz より低いこと。
- パルスのバースト期間(最初と最後のパルスの間)が、次のバーストまでの
 時間より大幅に短いこと。
- カウントの誤りをなくすため、バースト内のパルス数が100より多いこと。
- アーミングを使用せず、自動同期を行うには次のようにします。
- 1. バースト信号を入力 A に接続します。
- 2. バースト信号で正しくトリガされるように、感度とトリガ・レベルを手動で設定 します。
- 3. Meas > Pulse > Width Positive > A の順に押します。
- 4. Settings > Stat > Pacing を押して、ペーシングを On に設定します。
- 5. Settings > Stat > Pacing Time を押して、バーストの中間に近い時点の値 を入力します。

この方法では絶対的な同期は保証されませんが、自動同期が取れる可能性 は十分にあります。しかし、誤った値が表示されることもあります。同期を保証 するには開始アーミング機能を使用します。

開始アーミングを使用したバースト・パルスの同期:外部同期信号を利用して、測定のアーミングを行うことができます。このためには、バースト内の最初のパルスのリーディング・エッジが、同期信号のリーディング・エッジより5 ns 以上後に来なければなりません(図 9 参照)。



図 9: 開始アーミングを使用した同期。

開始アーミングを使用して、同期を取るには次のようにします。

- 1. 外部同期信号を入力 E(リア・パネル上)に接続します。
- 2. バースト信号を入力 A に接続します。
- 3. バースト信号でトリガするようにトリガ・レベルを調整します。
- 4. Settings > Arm > Arm On > Sample を押します。
- 5. Start Chan > E を押します。
- 6. Start Delay を押し、値を0に設定します。
- 7. Save | Exit を繰り返し押して、メイン画面に戻ります。
- 8. Meas > Pulse > Width Positive > A の順に押します。

アーミング信号とパルス・バースト内の最初のパルスに時間差がない(または、 少な過ぎる)場合は、次の例に示すように、アーミングと遅延を組み合わせる必 要があります。

遅延を伴う開始アーミングを使用したバースト・パルス同期: 安定した繰り返 し周波数を持つパルス・バーストの場合は、遅延を伴う開始アーミングを使用 して測定することができます。この方法は、1 つ前のバーストの同期パルスを 使用して、測定の開始の同期を取ります。次の図に示すように、遅延時間をパ ルス・バーストの期間よりも長く、かつパルス・バーストの繰り返し時間よりも短く 設定します。



図 10: 遅延を伴う開始アーミングを使用した同期

遅延を伴う開始アーミングを使用して、同期を取るには次のようにします。

- 1. 外部同期信号を入力 E(リア・パネル上)に接続します。
- 2. バースト信号を入力 A に接続します。
- 3. バースト信号でトリガするようにトリガ・レベルを調整します。
- 4. Settings > Arm > Arm On > Sample を押します。

- 5. Start Chan > E を押します。
- 6. Start Delay を押して、適切な遅延の値を入力します。値は、パルス・バーストの期間よりも長く、かつパルス・バーストの繰り返し時間よりも短くします。
- 7. Save | Exit を繰り返し押して、メイン画面に戻ります。
- 8. Meas > Pulse > Width Positive > A の順に押します。

アーミングの例 : バース ト内の 2 番目のパルス の測定

この例では、一連のパルスの中から、2番目のパルスの幅を測定する方法を 示します。問題は、測定開始を2番目のパルスの開始に同期させることです。 この場合、(アーミング機能を使用しなければ)自動同期は使用できません。自 動同期は、バースト内の最初のトリガ・イベントに同期するだけです。つまり、こ の測定ではアーミング機能を使用する必要があります。

バーストに対する同期信号の位置、および同期信号の期間によって、測定に アーミング遅延の使用が必要か不要かが決まります。同期信号のトレーリング・ エッジが、パルス・バースト内の最初のパルスの立上り後で、かつ2番目のパル スの前であれば、遅延なしで普通の開始アーミングを使用することができます。

入力 A の正のスロープと入力 E の負のスロープでのトリガを選択します。使用 するアーミング・チャンネルのスロープは、Settings > Arm > Start Slope メニュー で設定します。次の図は、同期信号のトレーリング・エッジが 2 番目のパルス の前に来る場合を示します。



同期信号のトレーリング・エッジが遅過ぎるなど、同期パルスのタイミングが上 記の測定例と異なる場合は、次の図に示すように、アーミングと遅延時間を組 み合わせます。



前の例と同じ手順に従いますが、遅延が最初のパルスと2番目のパルスの間 に切れるようにStart Arm Delay を設定します。

アーミングの例:バース ト内のパルス間の時間 の測定 前の例では、同期操作により測定を開始し、単発のタイム・インターバルを測定しました。次の例では、次の図に示すように、バースト内の最初のパルスと4番目のパルスの立上りエッジの間の時間を測定します。この測定には、開始時間と停止時間の設定が必要です。



0493_5-13

この種の測定には、Time Interval A to A 機能と、停止条件の制御用に入力 B を使用します。測定には、開始と停止のアーミングを行う必要があります。開 始アーミングは最初のアーミング例(測定開始を最初のパルスのリーディング・ エッジに同期させる)で示しました。問題は、測定の停止を同期(停止アーミン グ)させることです。これは、次のいずれかの方法により行うことができます。

トリガ・ホールドオフを使用して、停止を一定時間遅らせる: トリガ・ホールドオフを使用して、停止トリガを指定時間禁止することができます。ホールドオフ期間は、開始トリガ・イベントに同期して始まります。ホールドオフ時間は、3番目のパルスと4番目のパルスの間のどこかで切れるように設定します。



前の数例と同じテスト・セットアップを使用します。その後、次のようにします。

- Meas ボタンを押して、Time Interval A to A を選択します。
- Input B を押し、正のスロープと適切なトリガ・レベルを選択します。

- Settings > Trigger Hold Off (On) を押して、適切なホールドオフ時間を入 力します。
- 最初の例の開始アーミング条件、つまりアーミング遅延がないことを確認します。
- 信号を測定します。

停止アーミング(外部ホールドオフ)を使用して停止を遅らせる: これまでの 例では、同期信号を開始アーミング信号としてのみ使用してきました。つまり、 測定のトリガは同期信号の期間に関係なく、そのリーディング・エッジのみが使 用されました。しかし、同期信号のトレーリング・エッジで停止アーミングを使用 することにより、同期信号を外部トリガ・ホールドオフとして使用することもでき ます。同期パルスの幅を外部で調整できる場合は、次の図に示すように、3番 目と4番目のパルスの間で同期パルスが切れるように調整します。



前の例と同じテスト・セットアップを使用します。その後、次のようにします。

- 1. Settings > Arm > Stop Chan > E を押します。
- 2. Stop Slope > Falling を押します。
- 3. 信号を測定します。

アーミングとプロファイリング

プロファイリングとは、時間と共に変化する周波数を測定することです。例としては、時間と共に変化する信号源のウォームアップ・ドリフトを測定したり、数秒にわたる周波数掃引の直線性を測定したり、数ミリ秒にわたる VCO スイッチング特性や、数マイクロ秒間のチャープ・レーダ・パルス内の周波数変化などが挙げられます。

制限はありますが、これらの機器では多くのプロファイリング測定を行うことが できます。プロファイリングは、理論的には手動で行うことができます。つまり、 個々の測定結果を読み取り、グラフを描きます。しかし、最良の方法は機器を 高速、高分解能のサンプリング・フロント・エンドとして使用し、内部メモリにそ の結果を保存し、その後、測定結果をソフトウェア・アプリケーションに転送し て、解析しグラフにして表示することです。TimeView™ ソフトウェア・アプリケー ションにより、プロファイリングを非常に簡単に行うことができます。 プロファイリング測定には、フリーランと繰り返しサンプリングの2つがあります。

フリーラン測定 フリーラン測定は、より長期間にわたって行われます。標準的なフリーラン測 定には、発振器の安定性を24時間にわたって調べたり、ゼネレータの初期ド リフトをウォームアップの30分間測定したり、デバイスの短期安定性を測定し たりすることがあります。これらの場合、2 μs から1000 s のインターバルを選 択して測定を行うことができます。

測定インターバルを設定する方法はいくつかあります。

- ペーシング時間 (Settings > Stat)を使用して、測定インターバルを設定します。設定された数のサンプルが採られるまで測定が続きます。Hold/Runおよび Restart を使用して、1 つの完全なサイクルを終了します。測定の進行中に、統計表示でトレンドや分散を表示します(トレンド・プロットまたはヒストグラム)。
- リモート・コントローラのタイマを使用する。一連のコンポーネントのチェックで DUT を交換した場合などに、これにより外部イベントとの同期を取ることができます。
- 外部アーミング信号を使用する。例えば、10 Hz のアーミング信号パルス を使用して、100 ms インターバルの測定を行うことができます。
- フリーラン・モードで測定する。機器がフリーラン(連続測定)しているときに、測定の間の最短の遅延は、指定測定時間に約4 µs(内部校正オフ)または8 µs(内部校正オン)を加えた時間となります。例えば、測定時間が0.1 msの場合、各サンプルの間の時間は104~108 µsとなります。

繰り返しサンプリングに プロファイリングでサンプル間のインターバルが4 μsより短い場合、フリーラ **よるプロファイリング測定** ンによる測定はうまくできません。例えば、10 msの時間内で 100 サンプルを 採る VCO のステップ応答のプロファイリングはどのように行いますか?

> この測定シナリオでは繰り返しの入力ステップ信号が必要です。サイクルごと に新しいサンプルを採り、新しいサンプルごとに前のサンプルから100 µs 遅 らせて、測定を100 回繰り返す必要があります。

> すべての100回の測定を手動で設定して実行することは単調で退屈であって も可能ですが、これを行う最も簡単な方法は、例えば TimeView ソフトウェアを 搭載した PCなどのコントローラを使用することです。

繰り返しサンプリングによるプロファイリング測定には、次のものが必要です。

- 繰り返しする入力信号(VCOの周波数出力など)
- 外部同期信号(VCO へのステップ電圧入力など)
- プリセット時間 (100 μs、200 μs、300 μs) 遅延したアーミングの使用



図 11: VCO の過渡プロファイリングのセットアップ。



図 12: 過渡プロファイリング測定の結果。

100 回の測定結果を使用して、周波数対時間のプロットを行います。時間目 盛の絶対確度は、入力信号そのものに依存することに注意してください。測定 は 100 µs ±100 ns のインターバルでアーミングされますが、実際の測定開始 は、常にアーミング後の最初の入力信号のトリガ・イベントに同期されます。

付録 A: デフォルトの機器設定

次の表に、工場出荷時における機器のデフォルトの設定を記載します。User Opt > Save/Recall > Setup > Recall setup > Default の順に押すと、これらの値 が機器に設定されます。

パラメータ	デフォルトの値	
入力 A & B		
Trigger Level	Auto	
Trigger Slope	Rising (Positive)	
Impedance	1 M Ω	
Attenuator	1x	
Coupling	AC	
Filter	Off	
アーミング		
Start	Off	-
Start Slope	Rising (Positive)	
Start Arm Delay	0	
Stop	Off	
Stop Slope	Rising (Positive)	
ホールドオフ		
Hold–Off State	Off	
Hold-Off Time	200 μs	
タイムアウト		
Time-Out State	Off	
Time-Out Time	100 ms	
統計		
Statistics	Off	
Number of Samples	100	
Number of Bins	20	
Pacing State	Off	
Pacing Time	20 ms	
演算		
Mathematics	Off	
Math Constants	K=1、L=0、M=1	
制限值		
Limit State	Off	
Limit Mode	Range	
Lower Limit	0	
Upper Limit	0	

バースト		
Sync Delay	400 µ s	
Start Delay	0	
Measure Time	200 μs	
Freq.Limit	400 MHz	
その他		
Function	FREQ A	
Smart Frequency	Auto	
Smart Time Interval	Off	
Measure Time	200 ms	
Auto Trig Low Freq	100 Hz	
Time base Reference	Auto	
Blank Digits	0	

付録 B: 測定タイミングの制御

測定プロセス

これらの機器はレシプロカル・カウンタ方式なので、実際の測定期間の開始と 終了を常に入力信号のトリガ・イベントと同期します。測定は、前の測定が終 了した後に自動的に開始します(ホールドがオンでない限り)。これは連続波 形の信号に最適です。

測定は、次の条件が満たされた場合に開始します(次の順に)。

- 前の測定の処理が完了している。
- 次の測定のための準備ができている。
- 入力信号が、機器の測定入力をトリガする。

入力信号が、停止トリガ条件を満たす場合に測定は終了します。これは、次の イベントの後に直接発生します。

- 指定測定時間が終了した(周波数および平均周期測定のみ)
- 入力信号が、停止トリガ条件を満足した(通常、トリガ・ウィンドウを2回目 に通過)。

測定時間と分解能の関 機器の分解能は、主に量子化誤差とディスプレイ上の桁数により決まります(表 示される最下位桁)。「レシプロカル・カウンタ方式(31ページ参照)。」で説明 されているように、算出される周波数 f は、

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

一方、相対実効量子化誤差は E_q = ±100 ps/t_g となります。

本器は、実効量子化分解能によって LSD(最下位桁)が ±5 ユニットより多く 変えられることがないように、無関係な桁を切り捨てます。これは、表示される 値が 99999999 で、かつ量子化誤差が最悪の場合に起こります。最善のケー スは表示される値が 10000000 の場合です。この場合、量子化分解能は ±0.5 LSD ユニットに一致します。

注: 桁数は同じでも、999999999(=1E8)の内の ± 1 ユニットは、1000000(=1E7) の内の ± 1 ユニットよりも 10 倍大きな相対分解能です。

測定時間が徐々に増加すると、量子化の不確実性による LSD の不安定度が 減少してゆきます。特定の測定時間の設定で、機器はもう1桁の表示が可能 となります。この追加された1桁によって、突然10倍の表示分解能が得られ ますが、量子化の不確実性が1/10になるわけではありません。つまり、表示 桁がかろうじて1桁増えるような測定時間では、最後の桁の表示上の不確実 性はより大きいことになります。 LSD を安定に読み取るには、必要な桁数が得られるような時間に最大測定時間を選択することです。測定時間をそのように最適化すると、全体の分解能は量子化分解能と等しくなります。

測定時間とレート 周波数または平均周期が選択されている場合、指定測定時間により各測定の 長さが決まります。統計機能を使用したり、GPIB バス経由でデータを収集した りする際など、測定を高速に行いたい場合には、これを知ることが大切です。

ブロック測定の中で、測定の停止から次の測定の開始までの間の時間(デッド・タイムとも呼ばれる)は2 μs より小さくすることができます。

ブロックは連続した測定の集合で、その結果は統計計算やプロット(解析 モード)のため、または GPIB や USB のデータ通信リンク経由でコントローラに後で転送するために、ローカル・メモリに保存されます。

- その他の測定制御 測定の開始と停止におけるその他の制御法:機器による測定は、さらに複雑 になる可能性があります。入力信号によるトリガに加えて、次の機能を使用して 測定の開始を制御することができます。
 - 本器がホールドモードの場合は、手動によるリスタート。
 - バス・トリガを選択した場合は、GPIBトリガ(〈GET〉または*TRG)。GPIB に よるトリガは、プログラマ・マニュアルに記載されています。
 - 開始アーミングが有効な場合は、外部アーミング信号。
 - **アーミング遅延**が有効な場合は、開始アーミング遅延の終了。

測定時間の終了や停止信号トリガに加えて、Stop Arming が有効な場合は、 外部アーミング信号によるトリガを使用することにより、測定の停止をより詳細 に制御することができます。

索引

記号と番号 1 KHz を超える変調周波数, 42

ENGLISH TERMS

About(機器), 19 Above (リミット・テスト), 71 AC 入力カップリング, 22 Adev, 67 Alarm_stop(リミット・テスト), 71 AM 信号, 44 AM 変調周波数の測定, 45 Analyze ボタン, 10 Arm, 14 Auto Set ボタン, 10 Auto Trig Low Freq, 16, 24 Below (リミット・テスト), 71 Burst, 14 Bus Type $(\mathcal{I} \lor \mathcal{P} \mathcal{I} = \mathcal{I})$, 18 Calibrate, 18 Capture (リミット・テスト), 71 CW 測定,44 Dataset サブメニュー Erase, 18 Recall, 18 Save, 18 Dataset (Save/Recall), 18 DC 入力カップリング, 22 Digit Blanks, 19 Enter ボタン, 11 Erase(データセット項目), 18 Esc ボタン, 11 Esc ボタンとリモート操作, 6 GPIB address, 18 Mode (Native または Compatible), 18 バス速度, viii Hold/Run ボタン, 13 Input A ボタン, 13 Input A、B ボタン, 12 Input A、Input B メニュー, 13 Input B ボタン, 13 Input C Acq, 16

Interface, 18 Interface サブメニュー Bus Type, 18 GPIB Address, 18 GPIB Mode, 18 Interpolator Calibration, 16 K(演算式の定数),17 Limit Behavior, 17 Limit Mode, 17 Limit サブメニュー Limit Behavior, 17 Limit Mode, 17 Lower Limit, 17 Upper Limit, 17 LL(リミット・テスト), 72 Lower Limit, 17 LP フィルタ、アナログ,23 LP フィルタ、デジタル,23 L(演算式の定数),17 Math, 17 Math サブメニュー K, 17 L, 17 M, 17 Math, 17 X, 17 Math/Limit ボタン, 12, 17 Math/Limit メニュー, 17 Max, 66 MEAN, 66 Meas Time, 14 Meas ボタン, 9 Min, 66 Misc, 16 Misc メニュー Auto Trig Low Freq, 16 Input C Acq, 16 Interpolator Calibration, 16 TIE, 16 Timeout, 16 Modify Labels, 18 M(演算式の定数), 17 P-P, 66 P-P 周波数偏移, 43

Range (リミット・テスト), 71 Recall(機器のセットアップ),18 Recall $(\vec{r} - \beta \tau \nu)$, 18 Restart ボタン, 13 RF 信号測定の原理, 34 Save, 18 Save Current Setup, 18 Save/Exit ボタン, 11 Save/Recall, 18 Save/Recall サブメニュー Dataset, 18 Setup, 18 Total Reset, 18 Settings ボタン, 12, 14 Settings メニュー, 14 Arm, 14 Burst, 14 Meas Time, 14 Misc, 16 Stat, 15 Timebase, 15 Trigger Hold Off, 14 Setup, 18 Setup Protect, 18 Setup サブメニュー Modify Labels, 18 Recall Setup, 18 Save Current Setup, 18 Setup Protect, 18 Smart Measure, 16 Start Test, 19 Stat, 15 Std, 67 Test, 19 Test Mode, 19 Test サブメニュー Start Test, 19 Test Mode, 19 TIE, 16, 51 Timebase, 15 Timeout, 16 Total Reset, 18 UL(リミット・テスト), 72 Upper Limit, 17

User Opt ボタン, 12, 18 User Opt メニュー, 18 About, 19 Calibrate, 18 Digit Blanks, 19 Interface, 18 Save/Recall, 18 Test, 19 Value ボタン, 10 Vmax, 63 Vmin, 63 Vpp, 63 Vrms, 63 X(演算式), 17

あ

アナログ・ローパス・フィルタ、入 力,23 アラン偏差,67 アラーム(リミット・テスト),71 安全にご使用いただくために, iii アーミング アーミング信号として信号を 測定,76 開始アーミング,74 概要,73 繰り返さない信号,73 セットアップ時間,77 測定信号をアーミング信号と する,76 単発イベント,73 遅延時間(開始アーミン グ),74 停止アーミング,74 同期信号,75 トリガ信号,75 入力信号, 75 入力信号をアーミングに使 用,76 パルス信号,73 バースト測定,75 プロファイリング, 73,82 例, 77, 78, 80, 81

い

位相,54

位相誤差の補正,58 インストール済みオプションの情 報,19 インピーダンス、入力,21

う 上矢印ボタン,11

え

演算式,65,66

お

オート・トリガ, 24, 28 オート・トリガ・レベルのマニュア ルへの変換, 25 オーバードライブおよびパルス の丸み, 52

か

解析モード,7 カップリング、入力,22 可能性のある誤差(位相),55 干渉,26 干渉の削減,26

き

機器設定、デフォルト, 85 機器の情報, 19 機能, v キーパッド・ボタン, 11

<

繰り返さない信号, 73 繰り返しサンプリングによるプロ ファイリング測定, 83

け

減衰、入力,21

J

工場出荷時の機器設定,85 校正の日付,19 高速 GPIB バス,viii 高調波歪み,29 誤差(位相),55

さ

最高周波数,43 最低周波数,43 サンプリング・パラメータの設 定,67 サンプル・ホールド,32

L

時間測定誤差,52 時間測定のトリガ,48 システマチック・エラー、位相測 定,56 下矢印ボタン,11 ジッタとドリフト, 68 周期測定,46 周波数(fo),41 周波数ごとの位相誤差、表,56 周波数測定,36 周波数測定(入力 C), 38 周波数比,38 周波数変調信号,41 シングル周期測定,46 シングル測定,13 シングル測定の実施,13 信頼限界、測定值, 69

す

数值統計測定,7

せ

制限値,71 積算,59 積算とアーミング,60 セットアップ時間、アーミング,77

そ

測定 1 KHz を超える変調周波 数,42 Adev(アラン偏差),66 AM 信号,44 AM 搬送波,44 FM, 41 Max, 66 Mean, 66 Min, 66 P-P, 66 P-P 周波数偏移, 43 StdDev(標準偏差), 66 TIE, 51 Vmax, 63 Vmin, 63 Vpp, 63 Vrms, 63 アラーム(リミット・テスト),71 アーミング信号と測定信 号,76 アーミングと入力信号,76 アーミングとプロファイリン グ,82 アーミング入力信号,75 アーミングの概要,73 アーミングのセットアップ時 間,77 アーミングの例,77 アーミング (バースト測 定),75 位相,54 位相誤差,55 位相誤差の補正,58 位相測定の誤差,55 位相測定の分解能,55 演算,66 演算式,65 演算式の使用,65 オーバードライブおよびパル スの丸み、52 開始アーミング,74 可能性のある位相誤差,55 繰り返しサンプリングによる プロファイリング,83 最高周波数,43 最低周波数,43 サンプリング・パラメータの設 定,67 時間測定誤差,52 時間測定のトリガ,48 時間とレート,87,88

システマチック・エラー、位 相測定,56 ジッタとドリフト,68 指定した周波数からの偏移 の測定,66,67 周期,46 周期、平均,46 周期、連続,46 周波数ごとの位相誤差、 表,56 周波数(入力A、B),36 周波数(入力C),38 周波数比,38 周波数、連続,47 シングル周期,46 振幅変調周波数,45 信頼限界、計算, 69 積算,59 積算とアーミング,60 セットアップ時間、アーミン グ、77 測定時間,68 測定速度と統計,68 測定の原理, 31 測定のタイム・スパン, 65 測定プロセス,87 その他の制御,88 タイム・インターバル,49 タイム・インターバル・エラー (TIE), 51 立上り/立下り時間,49 停止アーミング,74 デューティ・ファクタ,51 電圧,63 同期遅延の動作,40 統計測定,66 統計測定の高速化,68 ドリフトとジッタ,68 入力信号とアーミング,76 パルスの丸みとオーバードラ イブ,52 パルス幅,51 搬送波周波数,41 バースト信号,38 バースト測定とアーミング,75 バースト内の最初のパルス のパルス幅の測定,78

バースト内の2番目のパル スのパルス幅の測定,80 バースト内のパルス間の時 間の測定,81 低い変調周波数,42 不確実性の計算,69 フリーラン,83 平均周期,46 ランダム・エラー、位相測 定,55 リミット・テスト, 71 リミット動作の設定, 71 リミット・テストと解析モー ド,72 リミット・テスト・モード, 71 連続周期,46 連続周波数,47 測定時間,65 測定スピード, 32 測定値の信頼限界の計算,69 測定の原理, 31 RF 信号, 34 サンプル・ホールド,32 測定スピード,32 タイム・アウト, 32 ダウン・コンバータ,35 低周波信号,33 プリスケーラ、34 プリスケーラと最短測定時 間,32 平均値の測定とシングル・サ イクルの測定,32 マイクロ波,35 測定の高速化,24 測定の停止(ホールド),13 その他の測定制御,88

た

タイム・アウト,32 タイム・インターバル,49 タイム・インターバル・エラー (TIE),51 ダウン・コンバータ(マイクロ波測 定),35 立上り/立下り時間の測定,49 単発イベント,73

ち

遅延時間(開始アーミング),74

て

低周波信号,33 デジタル・ローパス・フィルタ、入 力,23 デフォルトの機器設定,85 デューティ・ファクタの測定,51 電圧測定,63

と

同期遅延,40 同期遅延の動作,40 統計,66 統計測定,7 統計測定の高速化,68 統計と演算,69 統計と測定速度,68 トリガ オート(ワイド)ヒステリシ ス,28 オート・トリガ・レベルのマ ニュアルへの変換,25 高調波歪み,29 時間測定,48 狭いヒステリシス,29 測定の高速化,24 トリガ・モードの設定,24 ヒステリシス、27 ホールド・オフ,14 マニュアル・トリガ, 29 マニュアル・トリガの値の設 定,25 レベル設定,28 ドリフトとジッタ.68 トレンド・プロット表示,8

な

ナビゲーション・ボタン,11

に

入力 E(アーミング), 75
入力 E(アーミング), 75
A および B(アーミング), 75
アナログ・ローパス・フィル タ, 22
アーミング・トリガ信号, 75
インピーダンス, 21
カップリング, 22
減衰, 21
デジタル・ローパス・フィル タ, 22
入力信号をアーミングに使 用, 76
ローパス・フィルタ, 22
入力コントロール, 21

の

ノイズ, 26 ノイズの削減, 26

は

パルス信号,73 パルスの丸みとオーバードライ ブ,52 パルス幅の時間測定,51 搬送波周波数,41 搬送波周波数の測定,44 バースト 測定,38 測定誤差,41 測定とアーミング,75 トリガ,39 バースト測定時間の選択,40 バースト測定時間の選択,40

ひ

低い変調周波数,42 ヒストグラム表示,8 左矢印ボタン,11 標準偏差,67

ふ

不確実性の計算,69

プリスケーラと最短測定時間, 32 フリーラン測定, 83 プロファイリング, 73, 82 分解能, 87 分解能(位相), 55

~

平均周期測定,46 平均値の測定とシングル・サイク ルの測定,32

ほ

ボタン Analyze, 10 Auto Set, 10 Enter, 11 Esc. 11 Esc ボタンとリモート操作, 6 Hold/Run, 13 Input A, Input B, 12, 13 Math/Limit, 12, 17 Meas. 9 Restart, 13 Save/Exit, 11 Ssettings, 14 User Opt, 12, 18 Value, 10 上矢印,11 キーパッド,11 下矢印,11 設定,12 ナビゲーション,11 左矢印,11 右矢印,11 矢印,11

ま

マイクロ波の測定原理,35 マニュアル・トリガ,24,29 マニュアル・トリガの値の設定,25 マニュアル・トリガ・レベル,25

み

右矢印ボタン,11

め

メニュー Input A、Input B, 13 Math/Limit, 17 Settings, 14 User Opt, 18 メニュー・モード, 7

や

矢印ボタン,11

6

ランダム・エラー、位相測定,55

り

リミット・テスト,71
Alarm_stop の設定,71
LL(下限),72
UL(上限),72
アラームの設定,71
下限の設定,71
上限の設定,71
取り込みの設定,71
リミット動作の設定,71
リミット動作の設定,71
リミット動作の設定,71

リモート操作 Esc ボタン, 6 ステータス, 6

れ 例

Aの積算、Bによる開始/ 停止,60 A-B の積算、E によるゲー ト, 61 B の積算、A による時間, 61 演算式, 66, 67 演算式の使用,66 指定した周波数からの偏移 の測定,66 信頼限界の計算,69 積算とアーミング,60 バースト内の2番目のパ ルスのパルス幅の測定 (アーミング),80 バースト内の最初のパルス のパルス幅の測定(アー ミング),78 バースト内のパルス間の時間 の測定(アーミング),81 レシプロカル・カウンタ,31 連続周期測定,46

連続周波数測定,47

ろ

ローパス・フィルタ、入力, 22