

ジッタ測定時の残留ジッタ補正法

MP2100A
BERTWave シリーズ

目次

1. はじめに.....	2
2. サンプリングスコープによるジッタ成分分離解析	3
3. Correction Factor の取得	4
4. MP2100A による DUT のジッタ測定	6
5. Signal Generator の Phase Noise の影響	8
6. まとめ	9

1. はじめに

データセンタ内のサーバー等で処理されるデータ量は急激に増加しており、チャンネルあたりの伝送速度が 10 Gbit/s 以上のハイスピードインタコネクトの導入が盛んとなっています。しかし、伝送速度の高速化と相反して低消費電力化、低価格化要求が強く、ジッタや波形の劣化が問題となっています。Fibre Channel や 10GbE, USB, PCI-e などでは、ジッタを DJ, RJ 等、その性質毎に分離するジッタ成分分離解析が求められ、サンプリングオシロスコープ (EYE Pattern アナライザ) や BERT 等の測定器が用いられます。ビットレートの高速化に伴い、測定器に求められる測定精度も高度になっていますが、サンプリングオシロスコープは、原理的にトリガークロック回路に自己残留ジッタが存在し、その残留ジッタも測定結果に対して無視できない場合があります。

本書では、MP2100A シリーズのジッタ解析ソフトウェア MX210001A を使用した場合に、測定器の残留ジッタを補正し、より精度良く測定する方法を解説します。

2. サンプリングスコープによるジッタ成分分離解析

デジタル電子回路の伝送速度は高速化を続けており、エンジニアにとってジッタ解析の重要性が増しています。データ伝送速度が高速化されると、それに比例して EYE の開口部が小さくなり、求められるジッタ特性はより厳しくなります。たとえば、1GbE では EYE の開口部は約 1000ps ですが、10GbE では、100ps 以下です。

実際に発生するジッタはさまざまな成分から構成されています。具体的には、TJ: Total Jitter は広がりがある有限な DJ: Deterministic Jitter, 正規分布に従って無限な広がりをもつ RJ: Random Jitter で構成されています。DJ は、信号パターンに相関のある DDJ と相関のない BUJ によって構成されており、さらに DDJ は入出力回路の特性による DCD と伝送路など特性による ISI にて構成されています。また、RJ は熱雑音などの外的要因によって発生するジッタです。無限に広がる性質をもっており、その広がりにはガウス分布に近似しています。時間と共に Peak-to-Peak が無限に広がるため、そのジッタ量の標準偏差である rms で表現されます。

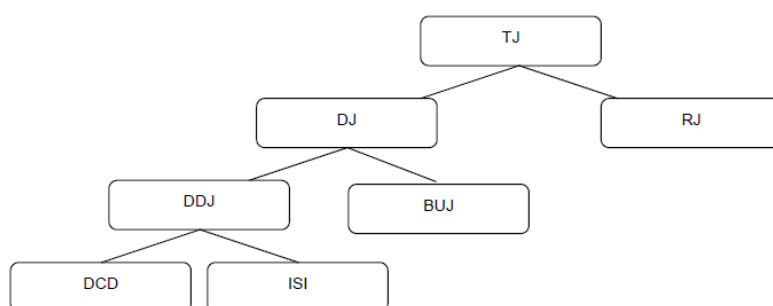


図1. 種々のジッタ成分

サンプリングスコープにも、トリガークロック回路に自己残留ジッタが存在し、その成分はほぼ全てが RJ で構成されています。MP2100A は、トリガークロック回路の残留ジッタが非常に低く抑えられていますが(テクニカルノート No. MP2100A-J-E-1「高精度 EYE パターン解析の実現」参照)、その僅かな残留ジッタも測定結果に対して無視できない場合があります。

ここで、RJ 測定結果には、DUT が発生するジッタ量(RJ_D とします)と測定器自体が内部的に発生している残留ジッタ(RJ_I とします)が含まれており、式 1)に示す関係式が成り立ちます。

$$RJ = \sqrt{RJ_D^2 + RJ_I^2} \quad \text{式 1)}$$

また、式 1)を式 2)のように変換すると、測定結果 RJ から測定器の残留ジッタ RJ_I を減算処理すれば、真の DUT のジッタ量 RJ_D を算出できることが分かります。

$$RJ_D = \sqrt{RJ^2 - RJ_I^2} \quad \text{式 2)}$$

MP210xA BERTWave シリーズのジッタ解析ソフトウェア MX210001A は、上記 2)式による補正機能を備えています。予め測定器残留ジッタ RJ_I を求め、測定器に入力しておくことで、自動的に測定結果から残留ジッタを減算補正し、真の DUT のジッタ量 RJ_D を求める事が出来ます。

3. Correction Factor の取得

サンプリングスコープの内部残留ジッタは、トリガークロック回路自体が持つランダムジッタ成分(RJ_1)がその主要因となっています。ここでは、外部シンセサイザを用いてトリガークロック回路の内部残留ジッタ(RJ_1)を計測し、Correction Factor として使用する方法を説明します。図 2 に、残留ジッタ測定時の測定系を示します。なお、ここでは、Bit Rate: 10.3125Gbit/s での使用を想定しています。

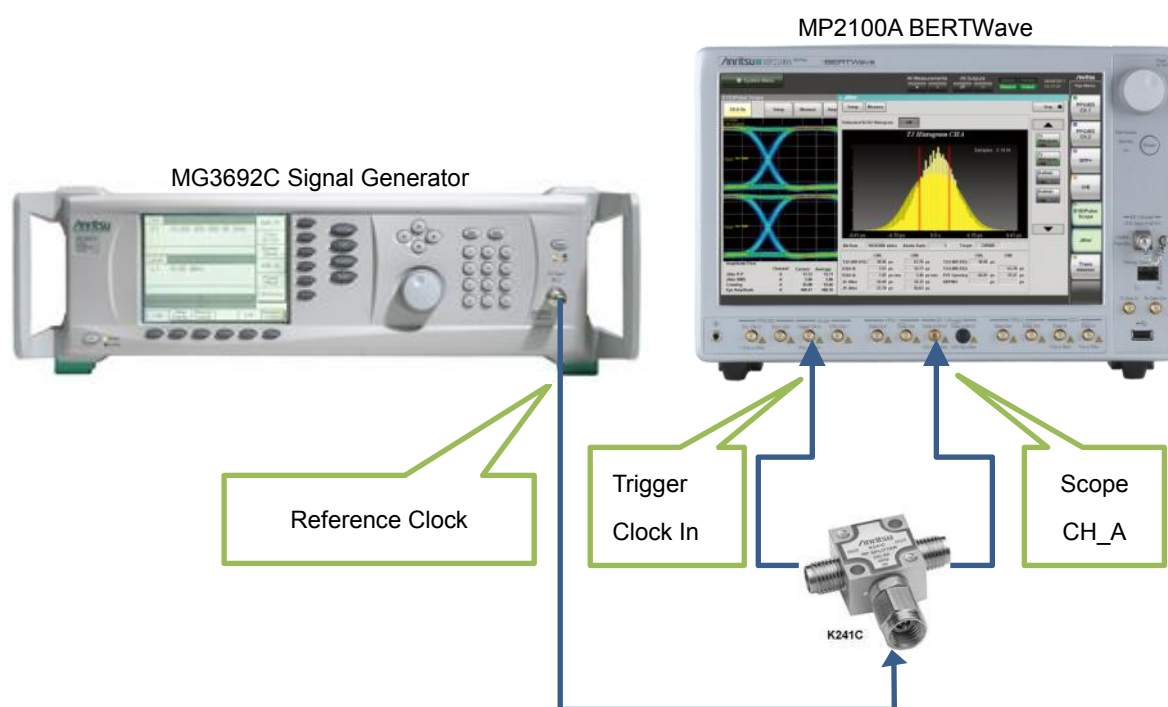


図 2. MP2100A サンプリングスコープ部の内部残留ジッタ測定系

[手順]

MP2100A の設定は、Initialize 後の初期設定状態からの操作を前提とします。Initialize を実行するには、System Menu を開き、Initialize をクリックしてください。

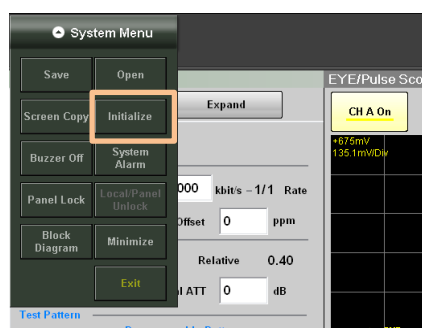


図 3. MP2100A の Initialize

- 1) Signal Generator のクロック出力を Power Splitter で分岐し、MP2100A の Trigger Clock Input 及び Scope CH_A に接続します(図 2 参照)。
- 2) Signal Generator の周波数を 5.15625GHz(10.3125G の 1/2 周波数), Power を+4dBm に設定し、出力を ON します。
- 3) MP2100A EYE/Pulse Scope Function の Time Dialog を開き、Rate タブの Divide Ratio を x2 に設定します。

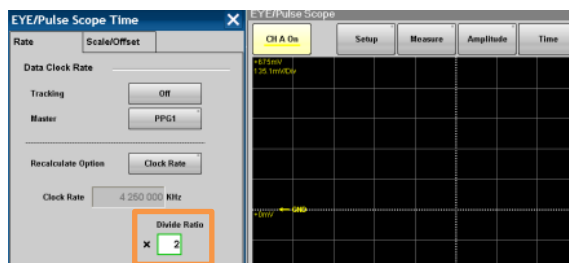


図 4. MP2100A Pattern

- 4) Scope CH_A を ON に, CH_B を OFF に設定します。Auto Scale を実行し、EYE Pattern が画面中央に表示されていることを確認します。

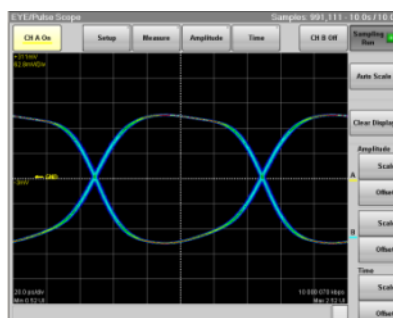


図 5. Clock 信号の EYE Pattern 状表示

- 5) Jitter Function を選択し、Start/Stop ボタンを押下します。ジッタ測定結果が表示されます。測定値の安定の為、少なくとも 1M Samples 以上取得する事を推奨します。
- 6) 表示された RJ(d-d) [psrms]が MP2100A の残留ジッタ(RJ_I)ですので、この値を記録し第 4 節で説明する Correction Factor として使用します。

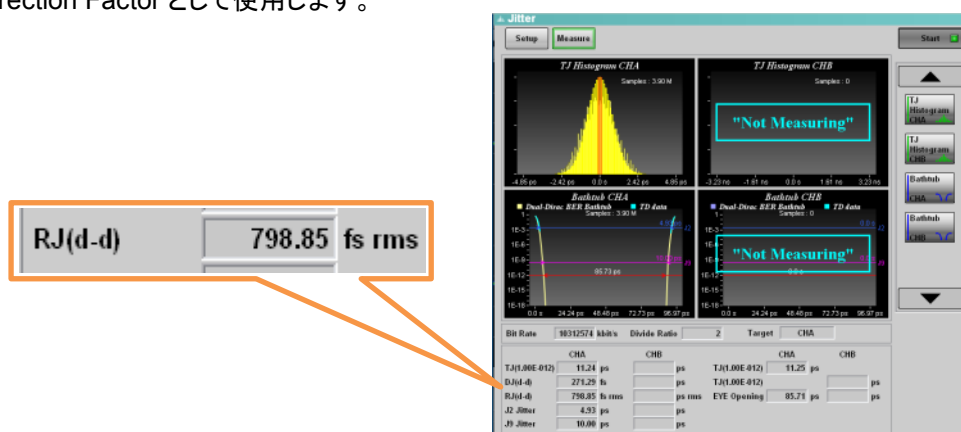


図 6. RJ_I の取得

4. MP2100A による DUT のジッタ測定

ここでは、10.3125G のシングルエンド電気デバイスを例に、実際のジッタ測定手順を説明します。図 7 に MP2100A を用いた測定系示します。

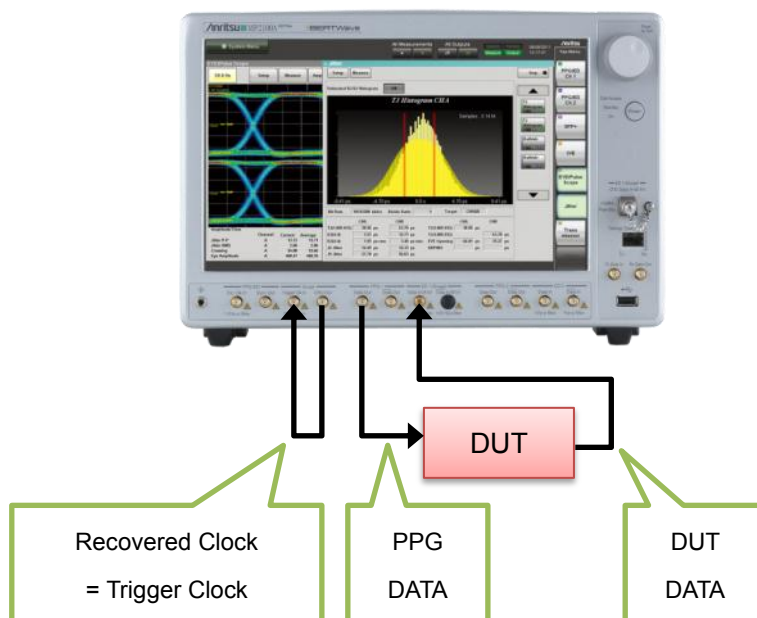


図 7. MP2100A による電気デバイスのジッタ測定系

[手順]

- 1) PPG から 10.3125Gbit/s の Single-end Data 信号を DUT に供給し、DUT から出力された Data 信号を MP2100A の CH_A Input に入力します。この例では、PPG の Test Pattern: PRBS 7, Data Output Amplitude: 0.25V としましたが、DUT に合わせて適切に設定してください。
- 2) MP2100A の CRU Out と Trigger Clock In を接続します。この例では、サンプリングスコープを駆動するための Trigger Clock には、Recovered Clock を用いますが、PPG の Sync. Clock Output を用いることも可能です。
- 3) MP2100A の EYE/Pulse Scope Function を選択し、Setup Dialog を開き、Clock Recovery を >8.5G に設定します。
- 4) Time Dialog - Rate Tab の Divide Ratio を 1 に設定します。

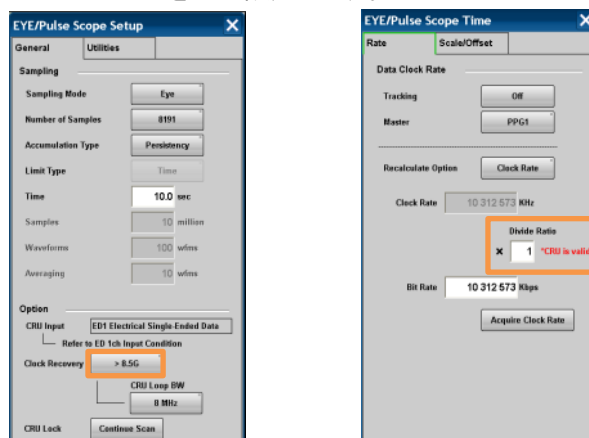


図8. Clock Recovery, Divide Ratio の設定

- 5) Scope CHA を ON に設定し、CH_B を OFF に設定します。Auto Scale を実行し、EYE Pattern が画面中央に表示されていることを確認します。
- 6) Jitter Function を選択し、Start/Stop ボタンを押下します。Histogram モードによるジッタ測定結果が表示されます。

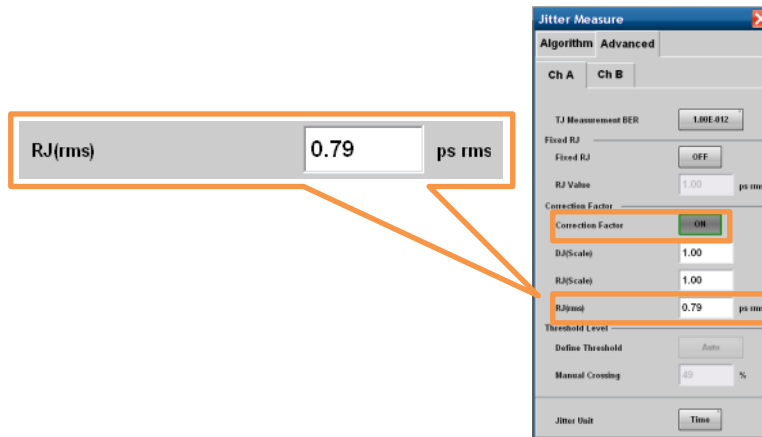


図9. 補正値の設定

- 7) Jitter Function の Measure Dialog を開き、Advanced タブ - CH A タブを開きます。Correction Factor を ON に設定し、RJ(rms)に任意の Correction Factor を代入すると、RJ 測定結果に Correction Factor が反映されます。ここでは、Correction Factor に3.節で取得した 0.79psrms を用いることで、RJ が 1.63psrms から 1.42psrms に低減されました。

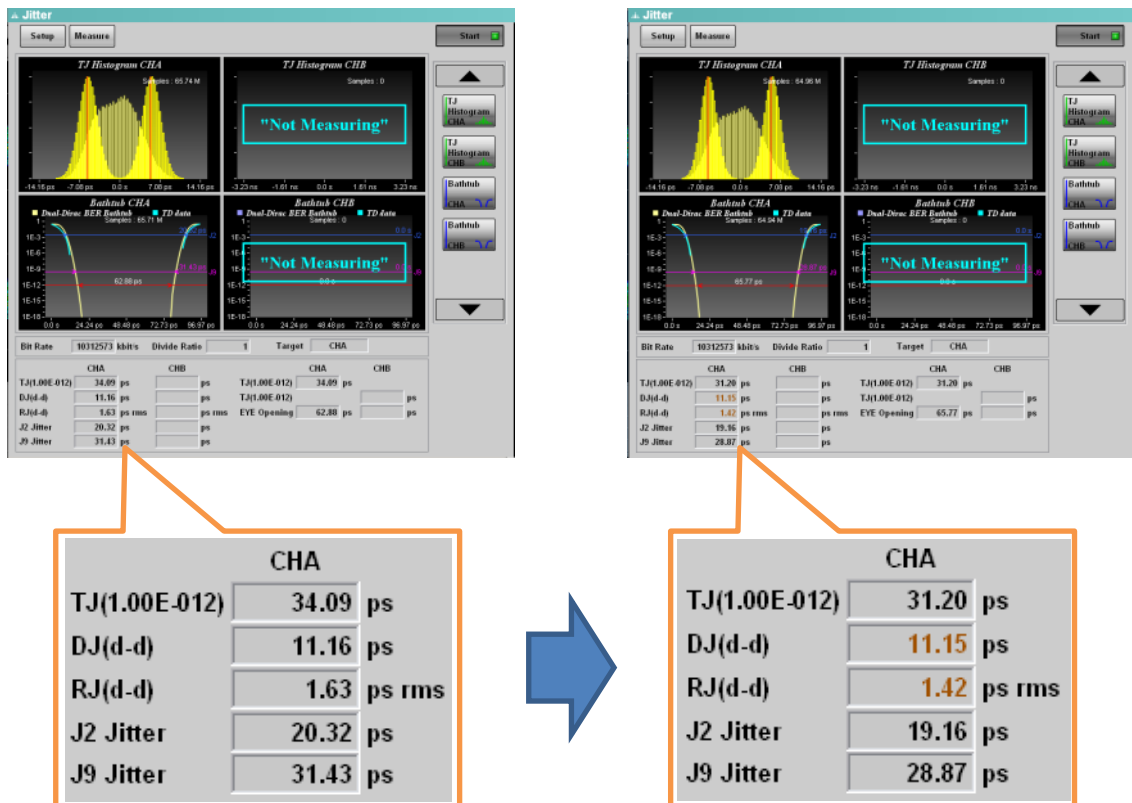


図10. 補正前後のジッタ測定結果

5. Signal Generator の Phase Noise の影響

第3節では、残留ジッタの測定には、Reference Clock Source として MG3692A Signal Generator を用いました。当然この Reference Clock にもジッタが存在しますが、その影響度はどの程度なのでしょうか。

図11に、MG3692A (with Option3&4)の標準的な Phase Noise を示します。1MHz Offsetにおいて、Phase Noise は -138dBc/Hz である事が分かります。この Phase Noise を元に Reference Clock のジッタ量を算出すると、 0.04psrms (変調周波数帯域: 1MHz to 1GHz)であり、無視できる程に十分小さな値であるといえます。

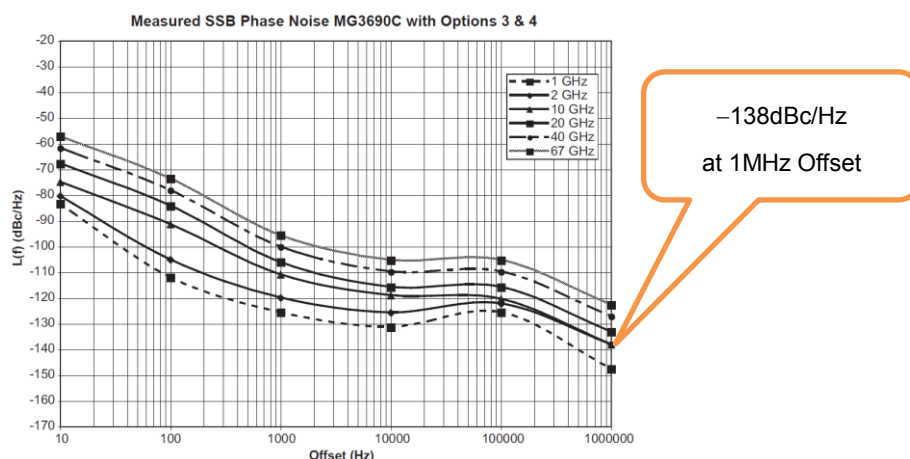


図 11. MG3690C Signal Generator の Phase Noise

ここで、変調周波数の積分帯域を 1MHz 以上とした理由は、本測定方法では、変調周波数 1MHz 以下のジッタが無視されるためです。図2の測定系で、測定された残留ジッタは 0.79psrm でした。同じ接続状態で、Signal Generator から 20pspp (7.071psrms)のジッタを発生させ、その変調周波数を 10Hz から 5MHz まで変化させたとき、MP2100A で観測されるジッタ量を図12に示します。この結果から、1MHz 以下のジッタ変調周波数であれば、ジッタを印可してもしなくても、観測されるジッタ量は同じであることが分かります。この測定では、トリガークロックと被測定信号が全く同じ信号であるため、一定の変調周波数までは信号源が持つジッタがキャンセルされ、測定器の内部残留ジッタのみ観測される事がわかります。

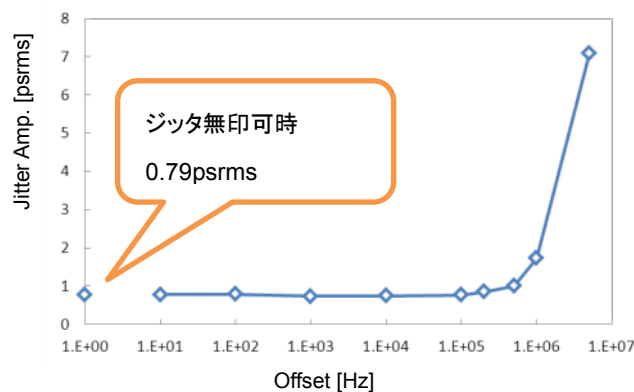


図 12. MG3690C Signal Generator の Phase Noise

6. まとめ

MP2100A のサンプリングスコープ機能を用いてジッタ分離解析をする際、測定器の残留ジッタ分を補正する方法を解説しました。この方法を用いれば、高価なサンプリングスコープの Phase Noise 低減回路を用いることなく、精度よく DUT のジッタを測定する事が出来ます。

MP2100A は、1 台にサンプリングスコープ、BERT、光インターフェースを搭載する All-in-One-Box テスターです。さらに、MX210001A Jitter Analysis Software の使用により、EYE Pattern, EYE Mask, BER, ジッタ分離解析等の様々な測定を 1 台で実現し、測定効率と設備コストの改善に貢献します。

参考文献:

- アンリツ株式会社, アプリケーションノート: No. MP2100A-J-F-2-(1.00), 「EYE Pattern解析の基礎」
- アンリツ株式会社, テクニカルノート: No.MP2100A-J-E-1, 「高精度 EYE パターン解析の実現」
- アンリツ株式会社, アプリケーションノート: No. MP1800A-Signal_Integrity-J-F-1-(1.00), 「28 Gbit/s 高速デジタル信号におけるシグナルインテグリティ解析」
- Wolfgang Maichen, "Digital Timing Measurements From Scopes And Probes To Timing And Jitter", Springer, ISBN-10 0-387-31418-0

Note



お見積り、ご注文、修理などは、下記までお問い合わせください。記載事項は、おことわりなしに変更することがあります。

アンリツ株式会社

<http://www.anritsu.com>

本社	〒243-8555 神奈川県厚木市恩名 5-1-1	TEL 046-223-1111
厚木	〒243-0016 神奈川県厚木市田村町 8-5	
	計測器営業本部	TEL 046-296-1202 FAX 046-296-1239
	計測器営業本部 営業推進部	TEL 046-296-1208 FAX 046-296-1248
	〒243-8555 神奈川県厚木市恩名 5-1-1	
	ネットワーク営業本部	TEL 046-296-1205 FAX 046-225-8357
新宿	〒160-0023 東京都新宿区西新宿 6-14-1	新宿グリーンタワービル
	計測器営業本部	TEL 03-5320-3560 FAX 03-5320-3561
	ネットワーク営業本部	TEL 03-5320-3552 FAX 03-5320-3570
	東京支店(官公庁担当)	TEL 03-5320-3559 FAX 03-5320-3562
札幌	〒060-0042 北海道札幌市中央区大通西 5-8	昭和ビル
	ネットワーク営業本部北海道支店	TEL 011-231-6228 FAX 011-231-6270
仙台	〒980-6015 宮城県仙台市青葉区中央 4-6-1	住友生命仙台中央ビル
	計測器営業本部	TEL 022-266-6134 FAX 022-266-1529
	ネットワーク営業本部東北支店	TEL 022-266-6132 FAX 022-266-1529
大宮	〒330-0081 埼玉県さいたま市中央区新都心 4-1	FSKビル
	計測器営業本部	TEL 048-600-5651 FAX 048-601-3620
名古屋	〒450-0002 愛知県名古屋市中村区名駅 3-20-1	サンシャイン名駅ビル
	計測器営業本部	TEL 052-582-7283 FAX 052-569-1485
	ネットワーク営業本部中部支店	TEL 052-582-7285 FAX 052-569-1485
大阪	〒564-0063 大阪府吹田市江坂町 1-23-101	大同生命江坂ビル
	計測器営業本部	TEL 06-6338-2800 FAX 06-6338-8118
	ネットワーク営業本部関西支店	TEL 06-6338-2900 FAX 06-6338-3711
広島	〒732-0052 広島県広島市東区光町 1-10-19	日本生命光町ビル
	ネットワーク営業本部中国支店	TEL 082-263-8501 FAX 082-263-7306
福岡	〒812-0004 福岡県福岡市博多区榎田 1-8-28	ツインスクエア
	計測器営業本部	TEL 092-471-7656 FAX 092-471-7699
	ネットワーク営業本部九州支店	TEL 092-471-7655 FAX 092-471-7699

再生紙を使用しています。

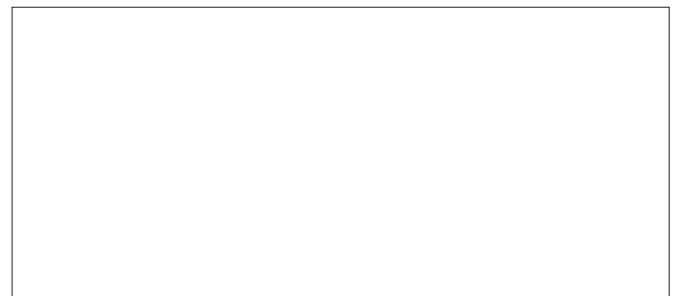
計測器の使用方法、その他については、下記までお問い合わせください。

計測サポートセンター

 TEL: 0120-827-221、FAX: 0120-542-425
受付時間／9：00～12：00、13：00～17：00、月～金曜日(当社休業日を除く)
E-mail: MDVPOST@anritsu.com

● ご使用の前に取扱説明書をよくお読みのうえ、正しくお使いください。

1106



■本製品を国外に持ち出すときは、外国為替および外国貿易法の規定により、日本国政府の輸出許可または役務取引許可が必要となる場合があります。また、米国の輸出管理規則により、日本からの再輸出には米国商務省の許可が必要となる場合がありますので、必ず弊社の営業担当までご連絡ください。

No. MP2100A-J-E-2-(1.00)



2012-6 MG