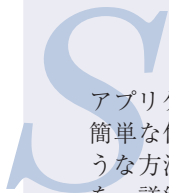


デジタイザを 選ぶときの 仕様の解釈



Agilent Technologies



アプリケーションに最適なデジタイザを選択することは、簡単な作業ではありません。何を測定するのか、どのような方法で測定するのか、どの程度の確度が必要なのかを、詳細に評価する必要があります。そして、これらの条件に基づいて、利用可能な捕捉方式や、関連する個々の仕様を比較する必要があります。

デジタイザのメーカは、よく帯域幅、分解能、サンプリング・レートなどの「主要仕様」を示しています。これらは測定器の性能を示すものとして提供されていますが、多くのアプリケーションの最終的な測定の忠実度にはほとんど影響を与えない場合もあります。

「どのデジタイザを使うべきか？」という質問への単純な答えはありません。ケースバイケースで、それぞれのアプリケーションと測定器を評価する必要があります。理想的なシステムは存在しないので、サンプリングするアナログ信号にはノイズが追加され、信号に歪み（高調波）が生じ、クロック・ジッタも加わります。これらに限らず、他の要素もシステム性能に影響を与えるので、これらを各測定器の仕様に基づいて評価する必要があります。

測定器の比較

いろいろなメーカがそれぞれ異なるテスト手順やリミットを使用しているため、測定器を比較するには注意が必要です。例えば、あるメーカは最初の6個の高調波を含めた高調波歪みの値を示す一方で、他のメーカは最初の5個しか高調波を含めていないので、歪みの値が小さくなることもあります。このような場合には、ある入力信号に対してどの測定器が一番小さい歪み特性を持つかは明確には分かりません。

一般的には、測定器の仕様は、同項目で比較する必要があります。しかし、これはいつでも可能ではないので、仕様とその定義はそれぞれの測定器に対して検討する必要があります（図1）。



図1. 詳しい性能仕様を備えた高速 PCI デジタイザの例

確度と分解能について

分解能とは、デジタイズ可能な細かさを定義するためのものです。一般にビット数で表される分解能は、入力信号をエンコードするために使用するデジタイジングレベルの個数を表しています。すなわち、8ビット、10ビット、12ビット、14ビットの分解能は、それぞれ256、1,024、4,096、16,384分の1を区別できることを表しています（図2）。

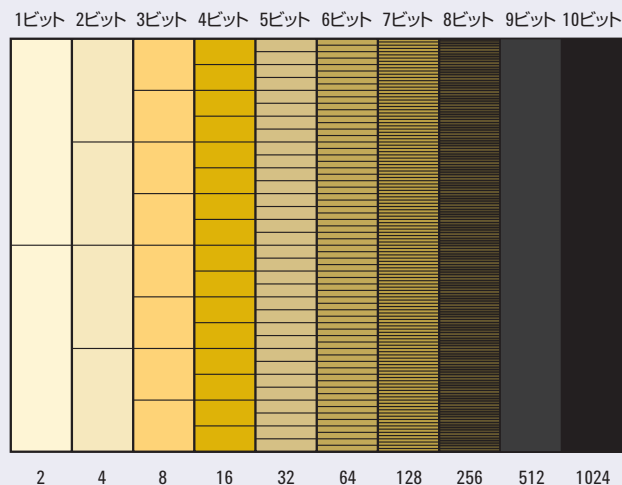


図2. ビット数で表される分解能は、離散測定レベルの個数を表します。

ヒント: 分解能は、測定精度の指標と受け取られることがよくありますが、精度とは、データ・シートに示された仕様から決定するのが最も難しい仕様の1つです。実際に、ビット数として示される分解能の値は、デジタル化レベルを区別できる測定器の能力を実質的に低下させる、ノイズや歪みレベルは考慮されていません。測定精度に関してシステム性能を評価するためのより適切な値として、「有効ビット数」(ENOB)があります。

有効ビット数の求め方

有効ビットでシステムを評価すると、すべてのエラー源が考慮されます。システム性能の評価は、個々のエラー源を考えなくても行えます。

16ビットのデジタル化は、理論的には65,536分の1を測定できます。しかし、現実の条件で使用する場合は、性能の良い16ビット・ボードでも最高13.5ビットの精度しか得られません。さらに、デザインの良くない14ビット・ボードが、デザインの良い12ビット・ボードよりも精度性能が低いこともあります。これは、有効ビットと入力信号周波数との関係を見るとよくわかります。

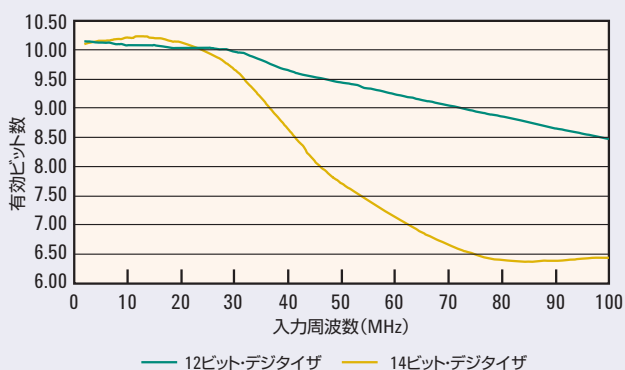


図3. このグラフでは、市販の14ビットと12ビットのデジタル化 (サンプリング・レート: 100 Mサンプル/秒、入力周波数レンジ: 2 ~ 100 MHz、入力信号振幅: 1 Vフル・スケールの97.5%) を、ENOBに基づいて比較しています。

ENOBの値は、SINAD (信号対ノイズ + 歪み比) から計算できます。

$$ENOB = \frac{SINAD - 1.76}{6.02}$$

ヒント: ENOBの値は振幅と周波数に大きく依存することがあるので、ENOB仕様を比較する場合は注意が必要です。ENOBは、信号の入力レベルと、仕様測定時のサンプリング・レート/帯域幅条件に基づいて評価する必要があります。

図3の例では、入力周波数が10 MHzから20 MHz付近では14ビット・デジタル化は、12ビット・デジタル化よりも高い有効ビットを示しています。しかし、約25 MHz以上では12ビット・デジタル化の方が高い性能を示していますので、これは明らかに誤解を与える可能性があります。

SINADの適用

S/N比は、出力での入力信号の2乗平均平方根 (RMS) 値と、高調波成分を含まない他の全スペクトル成分の和のRMS値との比をdBで表したものです。これに対して、同様にdBで表されるSINADは、出力での入力信号のRMS値と、高調波を含む他の全スペクトル成分のRMS値との比を表したものです。SINADにはノイズと歪みの両方が含まれているので、有効ビット数を直接計算するために使用できます。

ヒント: SINADの値は振幅と周波数に大きく依存することがあるので、SINADを比較する場合は注意が必要です。ENOBの場合と同様に、信号の入力レベルと、仕様測定時のサンプリング・レート/帯域幅条件に基づいて評価する必要があります。

サンプリング誤差の原因

ビット分解能と同様に、サンプル/秒で表されるサンプリング・レートも時間精度の指標と受け取られることがよくありますが、分解能と同様にデジタル化のサンプリング・レートも、信号に含まれる時間的なノイズのレベルを示していません。

サンプリング・レートとデジタル化のすべてのタイミング・データは、安定していることを前提にした、内部または外部クロック回路によりドライブされます。しかし、一般に水晶発振器をベースにしたタイミング回路では、周波数ドリフトやスプリアス信号が発生する可能性があります。

クロック確度は ppm (百万分率) で表され、周波数ドリフトの指標です。信号をデジタル化するプロセスでは、サンプリングは時間軸上で等間隔に行うことを仮定します。このため、クロックの不確かさにより、入力信号の測定で間違った周波数シフトが生じます。

サンプリング・ジッタとは、信号をサンプリングするときのランダムな不確かさの指標です。通常 ps で表されるジッタにより、実際の信号の時間軸上での分散に起因したランダム・ノイズが生じます。

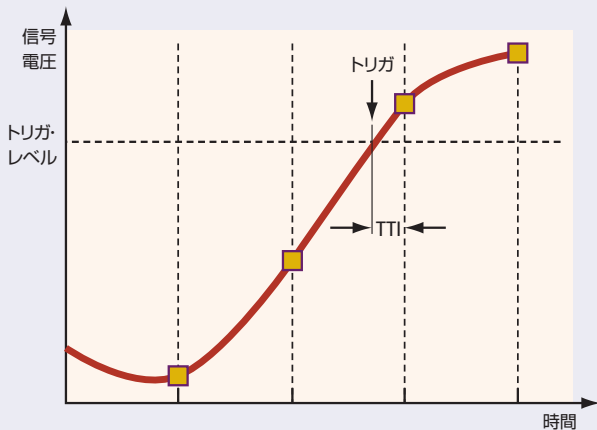


図4. トリガ・タイム補間により、通常 ps 単位で表される分解能で、サンプリング・ポイント間の外部トリガを正確に設定できます。

いくつかのデジタル化には、時間 - デジタル変換 (TDC) またはトリガ・タイム補間 (TTI) と呼ばれる機能があります。この機能は、測定アーキテクチャの回路内に実装され、外部トリガがサンプリング・ポイントの途中で生じても、デジタル化の内部クロックに対して外部トリガを正確に設定できます (図4)。ps 単位で表される TDC の性能は、繰り返し信号を測定する場合に特に重要です。補間を使用しないと、測定に位相誤差が生じる可能性があります。

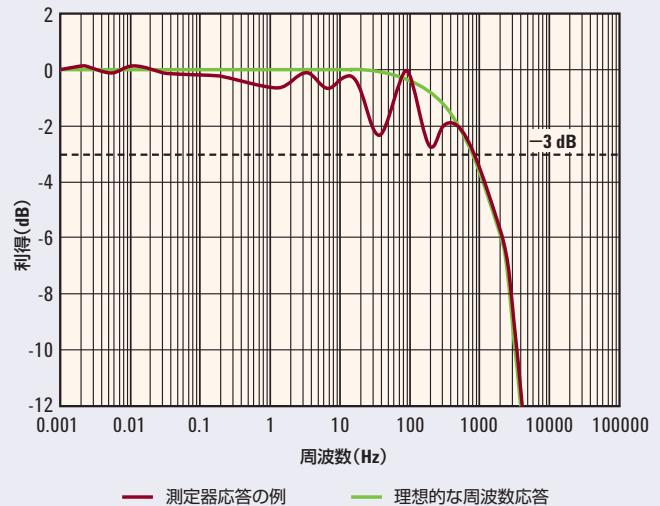
ヒント: デザインの良くないデジタル化・システムでは、良いデザインのデジタル化に相当するタイミング性能を得るために外部基準クロックが必要な場合があります。また、特に繰り返し信号の測定などで、システムが大容量収集メモリを備えている場合は補間機能によってサンプリングレートが低くても時間分解能の高い測定ができます。

ボード・プロットによる帯域幅の評価

測定器のアナログ帯域幅 (BW) は、入力信号が元の値の -3 dB に減衰して測定される下限周波数の信号成分と上限周波数の信号成分との差を定義したものです。これは、上限周波数のみを示す値 (Hz) として表されることも多くあります。これに対して、デジタル化の周波数応答を表すより便利な指標として、利得を周波数の関数として表すボード・プロット (ボード線図) があります (図5)。

ボード・プロットは、減衰レベルを全周波数にわたって示します。曲線は (漸近リミットに追従して) フラットで、その後周波数リミットで急激にロール・オフします。しかし、このような曲線は実現がきわめて困難です。実際の測定器のボード・プロットでは、入力周波数の関数としての利得は、同じ帯域幅を持つ測定器の間でもさまざまな不規則性を示すことが多くあります。

図5. ボード線図は信号利得/減衰を周波数の関数として示します。



ヒント: 一定の周波数の信号の相対振幅を測定する場合、同じ周波数の減衰は等しいため、デジタル化の帯域幅と周波数特性はほとんど無関係です。広い周波数範囲の信号を測定する場合は、帯域幅と周波数特性が大きな影響を受けます。

高調波歪み

全高調波歪み (THD) は、最初のいくつかの高調波の全レベルと、出力での入力信号のレベルとの比を dB で表したものです。THD は一般にテスト信号の FFT から計算します。以下で、 f は基本波 (入力) 周波数、 f_1 から f_n は最初の n 個の高調波周波数を表します。

$$THD = \sqrt{\frac{f_1^2 + f_2^2 + f_3^2 + \dots + f_n^2}{f^2}}$$

ヒント: 高調波歪みは、計算に使用する高調波の数、測定が有効な入力周波数、測定のサンプリング・レート、フル・スケールの電圧レンジ、そのフル・スケールの%としての入力電圧レベルが示されたときに、最も意味のある値となります。

スプリアス・フリー・ダイナミック・レンジ

スプリアス・フリー・ダイナミック・レンジ (SFDR) は、出力での入力信号の RMS 値と、ピーク・スプリアス信号との差を dB で表したものです。ここでスプリアス信号とは、入力には存在していなかったすべての出力信号です (図 6)。

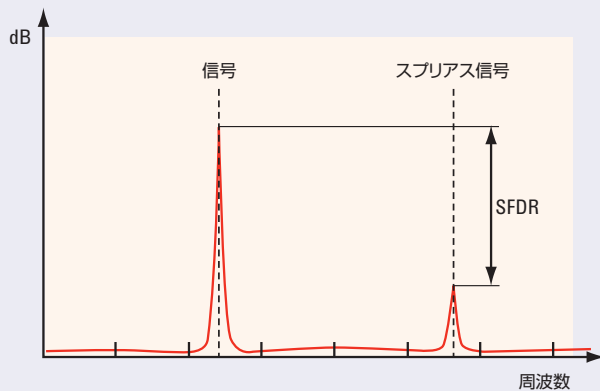


図 6. スプリアス・フリー・ダイナミック・レンジは、測定の有効ダイナミック・レンジに影響を与えます。

ヒント: SFDR の値は、測定が有効な入力周波数、測定のサンプリング・レート、フル・スケールの電圧レンジ、そのフル・スケールの%としての入力電圧とともに示す必要があります。

まとめ

主要な仕様をいくつか説明しましたが、これらは、公表されている仕様に基づいて製品を選択するという、作業の始まりに過ぎません。例えば、ENOB (と SINAD) は振幅測定精度のある程度の指標になります。クロック精度とサンプリング・ジッタは、周波数測定精度と測定で生じる時間的な誤差の指標になります。

その他にも有用な仕様があり、それぞれが特定のアプリケーションに対して意味を持っています。例えばリニアリティは、ビット分解能で表される離散測定レベルが必ずしも等間隔ではないことから、振幅測定誤差が生じるという事実に対応しています。電圧定在波比 (VSWR) は入力端子での入力信号の反射を表し、これにより測定する前に信号振幅に影響を受け、信号のエコーがシステムに生じます。VSWR は周波数にも依存するので、デジタイザの選択がより複雑になります。雑音比についてはここで説明しましたが、他にもスパークル・コード・レートなどの仕様があります。これは、指定したしきい値を外れてデジタイジングするサンプリング・ポイントの確率を表したものです。一般的には、スプリアス・ノイズは信号のデジタイジングに基づいたピーク検出ルーチンに影響を与えることがあります。

特定のアプリケーションに最適な測定システムを構築するには、さまざまな測定器の仕様データを調べるだけでなく、メーカーに問い合わせることも必要です。



電子計測UPDATE

www.agilent.co.jp/find/emailupdates-Japan
Agilentからの最新情報を記載した電子メールを無料でお送りします。



www.agilent.co.jp/find/agilentdirect
測定器ソリューションを迅速に選択して、使用できます。



www.agilent.co.jp/find/open
Agilentは、テスト・システムの接続とプログラミングのプロセスを簡素化することにより、電子製品の設計、検証、製造に携わるエンジニアを支援します。Agilentの広範囲のシステム対応測定器、オープン・インダストリ・ソフトウェア、PC標準I/O、ワールドワイドのサポートは、テスト・システムの開発を加速します。

Remove all doubt

アジレント・テクノロジーでは、柔軟性の高い高品質な校正サービスと、お客様のニーズに応じた修理サービスを提供することで、お使いの測定機器を最高標準に保つお手伝いをしています。お預かりした機器をお約束どおりのパフォーマンスにすることはもちろん、そのサービスをお約束した期日までに確実にお届けします。熟練した技術者、最新の校正試験プログラム、自動化された故障診断、純正部品によるサポートなど、アジレント・テクノロジーの校正・修理サービスは、いつも安心で信頼できる測定結果をお客様に提供します。

また、お客様それぞれの技術的なご要望やビジネスのご要望に応じて、

- アプリケーション・サポート
- システム・インテグレーション
- 導入時のスタート・アップ・サービス
- 教育サービス

など、専門的なテストおよび測定サービスも提供しております。

世界各地の経験豊富なアジレント・テクノロジーのエンジニアが、お客様の生産性の向上、設備投資の回収率の最大化、測定器のメインテナンスをサポートいたします。詳しくは：

www.agilent.co.jp/find/removealldoubt

アジレント・テクノロジー株式会社
本社〒192-8510 東京都八王子市高倉町 9-1

計測お客様窓口

受付時間 9:00-19:00 (土・日・祭日を除く)

FAX、E-mail、Web は 24 時間受け付けています。

TEL ■■■ 0120-421-345
(042-656-7832)

FAX ■■■ 0120-421-678
(042-656-7840)

Email contact_japan@agilent.com

電子計測ホームページ
www.agilent.co.jp

- 記載事項は変更になる場合があります。
ご発注の際はご確認ください。

© Agilent Technologies, Inc.2008

Published in Japan, August 18, 2008
5989-9216JAJP
0000-00DEP



Agilent Technologies