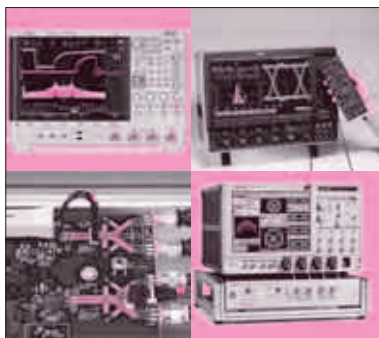


特集



第2章 高い垂直分解能と広帯域入力を両立しつつ低価格

サンプリング・オシロスコープの基礎知識と製品実例

岡田 信孝

Nobutaka Okada

1 サンプリング・オシロスコープとは？

オシロスコープは、アナログ・オシロスコープとデジタル・オシロスコープに分けられますが、現在はアナログ・オシロスコープを見かけることは少なく、デジタル・オシロスコープが主流になっています。

デジタル・オシロスコープは、サンプリング方式によって、リアルタイム・オシロスコープとサンプリング・オシロスコープに分けられます。オシロスコープに入力されたアナログ信号をアナログ-デジタル変換(A-D変換)する際のサンプリング方式として「リアルタイム・サンプリング」と「等価サンプリング」という方法があります。

リアルタイム・サンプリングは、入力信号を直接A-Dコンバータでサンプリングします。ナイキスト定理により、サンプリング周波数は入力周波数の2倍以上が必要です。実際のオシロスコープではアナログ帯域の2.5倍以上のサンプリング周波数のA-Dコンバータが使用されています。この場合、入力信号の種類に制限はありません。

一方、等価サンプリング方式は入力信号を1回でサンプリングするのではなく、複数回に分けてサンプリングすることにより、信号のサンプリングを実現しています。この等価サンプリングによって波形を観測するのがサンプリング・オシロスコープです。

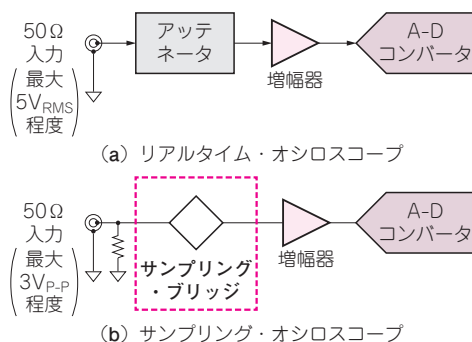
表1は同じ周波数帯域のリアルタイム・オシロスコープとサンプリング・オシロスコープを比較した例です。

〈表1〉同じ周波数帯域のリアルタイム・オシロスコープとサンプリング・オシロスコープを比較した例

項目	リアルタイム・オシロスコープ	サンプリング・オシロスコープ
垂直分解能	低い	高い
トリガ/クロック入力	不要	必要
サンプル・モード	リアルタイム・サンプリング、等価サンプリング	等価サンプリングのみ
クロック・リカバリ機能	ソフトウェア・クロック・リカバリが使用可能	ハードウェアのクロック・リカバリ・ユニットが必要
ジッタ解析	可能	可能
価格	高い	安い

2 入力段構成、高い垂直分解能と広帯域の両立

図1はリアルタイム・オシロスコープとサンプリング・オシロスコープの入力段の構成です。サンプリング・オシロスコープは図のように、増幅器の前にサンプリング・ブリッジがあります。つまり入力信号のサンプリングが先で、そのあとで減衰/増幅が行われます。サンプリング・ゲートにより信号は低い周波数に変換されているので、低い周波数帯域の増幅器およびA-Dコンバータを使用できるのです。このため、リアルタイム・オシロスコープと異なり、低速で高分解能のA-Dコンバータを使用できます。最新機種では16ビット分解能のA-Dコンバータが使用されているため、広い周波数帯域と高い垂直分解能を両立してい



〈図1〉リアルタイム・オシロスコープとサンプリング・オシロスコープの入力段の構成

ます。

サンプリング・オシロスコープは、電気信号だけでなく光信号にも対応するためや、用途に応じて入力部を交換するために、メイン・フレームと測定モジュールにわかれたモジュール構造になっています。高速な信号はサンプリング・モジュール内のみで処理され、低速信号のみがサンプリング・オシロスコープのメイン・フレームに送られてA-D変換されます。

3 用途と特徴

サンプリング・オシロスコープの主な用途は、

- 高速電気信号の測定
- 光信号の測定
Time Domain Reflectometry
- TDRによるインピーダンス測定

の三つです。最大の特徴は周波数帯域が高いということと、波形の忠実性が高いことです。これらはサンプリング・オシロスコープの構成に起因しています。さらに同じ周波数帯域のリアルタイム・オシロスコープと比較して安価であることも挙げられます。

しかし、同じく構成上の制限により、サンプリング・オシロスコープはダイナミック・レンジが制限されます。サンプリング・ゲートの前には、アッテネータも増幅器もないので、入力をスケールすることができません。サンプリング・ブリッジは、常に入力全体のダイナミック・レンジを処理できなければなりません。このため、ほとんどのサンプリング・オシロスコープのダイナミック・レンジは $1V_{p-p}$ 程度に制限されています。また、帯域を制限することになるので、

サンプリング・ブリッジの前に保護ダイオードを配置できません。このため、サンプリング・オシロスコープへの安全な入力電圧は $3V_{p-p}$ 程度です。一方、リアルタイム・オシロスコープへの安全な入力電圧は $5V_{RMS}$ (50Ω 入力時)程度です。

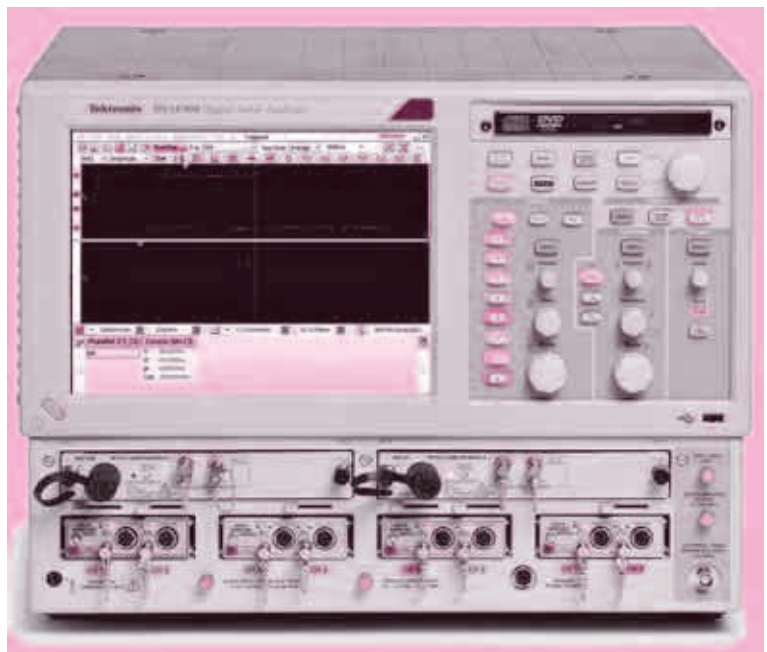
4 サンプリング・オシロスコープの略史

以前は高速伝送路測定用と通信信号測定用で機種がわかれており、通信用途で使用されるサンプリング・オシロスコープはCSA(コミュニケーション・シグナル・アナライザ)または「コミアナ」という略称で呼ばれることもありました。

テクトロニクスは1988年に伝送路測定用の11801型(写真1)および通信信号測定用のCSA803を発売しました。11801/CSA803シリーズの当初はトリガ・ジッ



〈写真1〉 20 GHz帯域のフルプログラマブル・デジタル・サンプリング・オシロスコープ11801型(1988年、テクトロニクス社)



〈写真2〉 サンプリング・オシロスコープ DSA8300型(2011年、テクトロニクス社)