

# Analisi seriale real-time

## Soluzioni a 6 GHz a confronto

Andrea Cattania

Dopo aver confrontato nel numero di ottobre 2006 alcuni dei principali oscilloscopi mid range, in questo articolo vengono trattati strumenti di fascia alta destinati all'analisi dei dati seriali. Per motivi di omogeneità la scelta è stata limitata ai modelli real-time a quattro canali con frequenza 6 GHz dei tre principali produttori: il DSO80604B di Agilent, l'SDA6020 di LeCroy e il DPO/DSA70604 di Tektronix.

Nella trasmissione dei dati, sia elettrici che ottici, la modalità seriale si sta imponendo come la tecnica predominante. In uno scenario in cui l'industria elettronica dipende sempre più dagli standard per i sistemi di comunicazione e per i bus dei computer, i progettisti che operano con bus seriali e applicazioni digitali veloci come ASIC, SerDes (serializzatori/deserializzatori), memorie, schede madri, schede aggiuntive e periferiche nei settori computer, comunicazione e consumer devono essere in grado di verificare l'integrità dei segnali e visualizzare più canali simultaneamente per scoprire e catturare rapidamente guasti intermittenti o eventi in complesse strutture di segnale, spesso distribuite su più linee.

In questa situazione si impone la necessità di effettuare analisi veloci e accurate. I sistemi elettronici che utilizzano elevate velocità di trasferimento dati e bus seriali veloci richiedono una strumentazione adeguata in fase di progettazione, debugging e validazione. Ad esempio, le misure di bassa tensione e sui segnali differenziali possono essere influenzate dal rumore dello strumento, dal jitter sul trigger e dalla fedeltà del sistema di sonde. La ricerca guasti nei dati seriali richiede spesso di rilevare gli errori di protocollo e di seguirli fino alla causa originaria. Di conseguenza è necessario poter catturare, vedere e analizzare il comportamento dei segnali e il loro effetto sia sul layer fisico che su quello del data link.

### Caratteristiche dei Serial Data Analyzer

Spesso è necessario disporre di un oscilloscopio intelligente: è il caso, ad esempio, dei sistemi in cui i segnali di clock sono incorporati (embedded) nel flusso dei dati e questi ultimi sono codificati in formato 8b/10b. Una volta completato il progetto si devono effettuare i test di compatibilità, molto più complessi dei normali test, in un tempo molto più ridotto. È evidente che un oscilloscopio tradizionale non soddisfa questi requisiti.

Un buon analizzatore di dati seriali (SDA, serial data analyzer) deve integrare a questo scopo tutte le funzionalità di testing necessarie, sia quelle standard che quelle specifiche, come ad esempio l'analisi del jitter. Rientrano tipicamente tra queste



funzioni i pattern "a occhio" (eye pattern) con localizzazione delle violazioni, il clock recovery numerico di precisione con risposta PLL regolabile, l'analisi di bit error e i test di compatibilità per gli standard più diffusi.

Rispondono a tali esigenze gli strumenti dei principali produttori del settore. Per effettuare un confronto omogeneo, la presente analisi si limiterà agli oscilloscopi real-time a quattro canali con frequenza 6 GHz. Gli strumenti scelti per questo confronto sono l'SDA6020 LeCroy, il DPO/DSA 70604 Tektronix e l'Agilent DSO80604B.

I paragrafi seguenti prenderanno in considerazione le principali caratteristiche di questi strumenti, mentre in quelli successivi il confronto verrà eseguito per funzioni.

#### Agilent: DSA da 2 a 13 GHz

Gli oscilloscopi Agilent DSA80000B, costruiti sulla serie Infiniium DSO80000B e sul sistema di sonde InfiniiMax, potenziano le capacità di misura della generazione precedente grazie al software di analisi del jitter Ezjit Plus e a nuove caratteristiche di analisi dei dati seriali ad alta velocità, atte a soddisfare tutte le esigenze di progettazione, debugging e validazione dei sistemi digitali.



Il DSO81204B è il modello a 12 GHz della famiglia DSO80000B Agilent di cui fa parte anche il DSO80604B

I Digital Signal Analyzer real-time DSA80000B hanno una larghezza di banda compresa fra 2 e 13 GHz con una frequenza di campionamento di 40 Gsa/s. Il data sheet di questi strumenti ne evidenzia i primati in ambito industriale: i più bassi valori di rumore di fondo, jitter di segnale e di trigger; la risposta in frequenza più piatta; la dotazione di un sistema di sonde sull'intera banda, utilizzabile su tutti i modelli (fino a 13 GHz) per ogni tipo di collegamento, che rappresenta una caratteristica esclusiva di questa famiglia.

Questi oscilloscopi effettuano l'analisi dei dati seriali con il ripristino software del clock, la decodifica 8b/10b e la ricerca/sincronizzazione sul simbolo.

In fase di analisi del jitter sono in grado di effettuare la scomposizione tra i due jitter, quello random o casuale (RJ, random jitter) e quello deterministico (DJ, deterministic jitter). Sono funzionalmente compatibili con LXI Classe C e dispongono di programmi di aggiornamento che, in previsione dell'introduzione di nuovi modelli con frequenze operative superiori, consentono di proteggere gli investimenti effettuati.

I modelli della famiglia sono: DSO80204B (2 GHz), DSO80304B (3 GHz), DSO80404B (4 GHz), DSO80604B (6 GHz), DSO80804B (8 GHz), DSO81004B (10 GHz), DSO81204B (12 GHz) e DSO81304B (13 GHz).

#### *LeCroy: soluzioni complete per l'analisi dei dati seriali*

Gli SDA LeCroy coprono il range di frequenza compreso fra 3 GHz (SDA 3010) e 18 GHz (SDA 18000). I modelli intermedi sono: SDA 4020 e SDA 4000A XXL (4 GHz), SDA 6020 e SDA 6000A XXL (6 GHz), SDA 9000 (9 GHz) e SDA 11000 (11 GHz). Gli XXL (SDA 6000A e SDA 4000A) comprendono un trigger per pattern seriale, che consente di sincronizzare l'acquisizione dei segnali con una specifica sequenza di bit nel data stream seriale sotto test.

Questo trigger può essere combinato con le potenti funzionalità di analisi del jitter e di pattern ad occhio, proprie degli strumenti di questa famiglia, per misurare sezioni specifiche di un data stream, come ad esempio i byte di un header o specifici canali in un data stream multiplexato.

Con questa funzione l'SDA è in grado anche di sincronizzarsi su pattern di lunghezza fino a 32 bit, supportare velocità di trasferimento dati da 50 Mb/s a 2,7 Gb/s ed effettuare il recovery del clock e di segnali di dati per sistemi di misura esterni.

Gli SDA LeCroy misurano il jitter totale mediante estrapolazione degli istogrammi delle misure di jitter. A supporto degli attuali standard, l'opzione Asda-J comprende tre metodi per la determinazione delle componenti random e deterministica: conventional, effective e MJSQ. Nel primo caso il jitter deterministico viene misurato direttamente, mentre Rj viene valutato come differenza tra il jitter totale e la componente deterministica. Il secondo è un metodo BERT-scan che utilizza la curva bathtub per simulare un modello di jitter "dual dirac", mentre l'ultimo consiste in una metodologia Fibre Channel che fa uso di due curve gaussiane e permette di calcolare gli estremi della distribuzione misurata.

Per consentire all'utente di localizzare esattamente il bit (o i bit) che ha (hanno) un errore di maschera e rendere più veloce il processo di debugging, la sequenza originale dei bit viene

memorizzata insieme al pattern ad occhio. L'analisi è resa ancor più facile dal fatto che le violazioni e l'allocazione dei bit sono disponibili anche in forma di tabella.

Le componenti del jitter possono essere visualizzate in forma grafica mediante la rappresentazione Q-Scale, introdotta per la prima volta negli analizzatori di dati seriali real-time da LeCroy. Questo potente metodo di analisi consiste nella riduzione di una distribuzione gaussiana ad una retta, con il duplice vantaggio di poter valutare immediatamente quanto la distribuzione reale si accosti a una gaussiana e di migliorare fortemente la stabilità della componente casuale (Rj) del jitter.

Gli standard seriali supportati comprendono: SAS (Serial Attached SCSI) a 1,5 Gb/s, 3,0 Gb/s e 6 Gb/s; PCI Express Gen1 (2,5 Gb/s) e Gen2 (5 Gb/s); UWB (Wimedia Alliance); SATA (Serial ATA) a 1,5 Gb/s e 3,0 Gb/s; FB-DIMM (Fully Buffered DIMM) AMB point-to-point da 3,2 Gb/s a 4,8 Gb/s; Fibre Channel da 133 Mb/s a 8,5 Gb/s; USB 2.0 con qualità del segnale HS; IEEE 802.3 (10Base-T, 100Base-T, 1000Base-T); HDMI (High Definition Multimedia Interface) e 1000Base-LX4 (XAUI).

#### *Tektronix: un nuovo approccio all'acquisizione dei segnali*

La gamma delle prestazioni in tempo reale della piattaforma DPO, recentemente introdotta da Tektronix, è stata ampliata con l'introduzione dei recentissimi DPO70000 e DSA70000, caratterizzati da importanti funzionalità di alto livello.

I nuovi strumenti, offerti inizialmente in versioni a 4, 6 e 8 GHz e poi anche nei tagli da 12,5, 16 e 20 GHz, combinano hardware e software in modo ottimale per le funzioni di acquisizione dati, debug, validazione e test di conformità, costituendo un'eccellente piattaforma di test per i progettisti di dispositivi ad alta velocità.

Gli oscilloscopi della serie DPO70000 sono stati concepiti e sviluppati per effettuare con la massima efficienza e sicurezza il debug e la verifica di progetti per diverse applicazioni, dai computer di alte prestazioni ai server e ai prodotti consumer. In particolare, sono ottimizzati per operare con dati seriali, come quelli dei bus veloci (PCI-Express, XAUI, FB-DIMM e Serial ATA).

Entrambi i nuovi strumenti utilizzano una piattaforma hardware di nuova generazione, in cui - a differenza di molti oscilloscopi, anche di elevate prestazioni - viene eliminato ogni compromesso tra frequenza di campionamento, lunghezza di registrazione e frequenza di acquisizione delle forma d'onda.



**DPO70804 e DSA70804 Tektronix sono i modelli a 8 GHz della famiglia DPO/DSA70000 di cui fanno parte anche i modelli DPO70604 e DSA70604**

Il modello da 4 GHz è denominato DPO70404, quelli da 6 e 8 GHz rispettivamente DPO70604 e DPO70804. Analogamente, i nuovi DSA sono contrassegnati dai codici DSA70404, DSA70604 e DSA70804. Questi ultimi sono destinati alle applicazioni su bus seriali ad alta velocità multi-lane e multi-layer. In particolare, il DSA70804 è in grado di catturare la quinta armonica del clock alla frequenza più elevata, presente negli standard seriali veloci di prima generazione: una caratteristica preziosa nei test di conformità di bus fino a 3,125 Gb/s, come PCI Express, SATA e XAUI. Recentemente, come anticipato, la famiglia DPO70000 si è ampliata con l'introduzione dei modelli DPO/DSA71254 da 12,5 GHz, DPO/DSA71604 da 16 GHz e DPO/DSA72004 da 20 GHz: lo strumento real-time più veloce esistente (cfr Automazione e Strumentazione, Marzo 2007, pagg. 38-39).

Fin dalla sua introduzione, il DPO (oscilloscopio digitale al fosforo) ha cambiato il modo con cui i tecnici catturano, visualizzano e misurano l'informazione dinamica dei segnali. Gli ultimi DPO, come gli oscilloscopi di uso generale TDS7000B, TDS5000B, DPO7000 e l'analizzatore seriale digitale DSA70000, offrono tutti i tradizionali vantaggi di un DSO (oscilloscopio digitale a storage), come la possibilità di memorizzare le forme d'onda e la potenza del sistema di trigger, rispetto al quale però offrono un vantaggio decisivo: una velocità di cattura delle forme d'onda di alcuni ordini di grandezza più elevata. In tal modo lo strumento è in grado di accumulare molto rapidamente dettagliate informazioni sul segnale. In altri termini, il DPO offre un'eccezionale capacità di misura e di analisi consentendo, nello stesso tempo, di raccogliere utili informazioni sulla frequenza di ripetizione di un determinato evento.

In molti DPO Tektronix le prestazioni sono potenziate grazie all'integrazione della tecnologia brevettata DPX, un'esclusiva architettura di elaborazione parallela che riduce fortemente la durata del ciclo di acquisizione, elaborazione e aggiornamento di un oscilloscopio. In termini di numero di forme d'onda al secondo, la tecnologia DPX permette di superare di un fattore venticinque un tradizionale DSO. Trattandosi di un'architettura di elaborazione parallela, la tecnologia DPX è in grado di gestire separatamente i sistemi di acquisizione e visualizzazione, creando immagini di forme d'onda alla stessa velocità alla quale il segnale può essere sincronizzato.

## La velocità di cattura dei segnali

Ma perché è tanto importante la velocità di cattura delle forme d'onda? Si potrebbe rispondere, semplicemente, che uno strumento che "vede" di più è in grado di "scoprire" di più: esso ha una maggiore probabilità di acquisire eventi che si verificano con minore frequenza. Si possono sviluppare in tal modo strumenti di qualità superiore, in cui giocando con l'intensità dei colori si visualizza facilmente un evento su migliaia di cicli della forma d'onda.

Alcuni strumenti, come ad esempio i DPO, rendono più veloce il processo di individuazione dei problemi e la relativa analisi in tutti i contesti in cui essi vengono impiegati. Il loro principa-

le punto di forza è certamente l'architettura parallela: in confronto, un DSO - che dedica all'acquisizione del segnale solo una piccola frazione del tempo, spesso meno dell'1% - non supera la velocità di cattura di 7.800 forme d'onda al secondo.

Il DSO, infatti, dedica la maggior parte del tempo all'elaborazione delle forme d'onda acquisite e alla generazione dell'immagine da visualizzare. Tutto ciò che accade al segnale durante questo tempo non può essere osservato né, tanto meno, analizzato dallo strumento.

Gli oscilloscopi basati su un'architettura parallela riducono fortemente il tempo dedicato all'elaborazione del segnale, a tutto vantaggio di quello riservato all'acquisizione. Il rapporto tra le velocità di cattura di forme d'onda in queste due tipologie di strumenti è superiore a 25. Questa maggiore capacità di acquisizione significa, evidentemente, una maggiore opportunità di catturare variazioni momentanee della forma d'onda e si traduce, di conseguenza, in una superiore capacità di analisi di segnali complessi.

Una forma d'onda che sullo schermo di un DSO sembra "pulita" viene spesso visualizzata da un DPO con le varie "aberrazioni", in una rappresentazione in cui gli eventi più frequenti sono mostrati più chiaramente e quelli più rari con un tracciato più leggero.

## Pattern ad occhio e localizzazione delle violazioni

Un display ad occhio in tempo reale viene ricostruito da tutti gli intervalli unitari presenti nella memoria dell'oscilloscopio, allineati dal clock ricostruito. In questa modalità di visualizzazione il centro dello schermo (o lo zero sulla base dei tempi) corrisponde al fronte attivo del clock ricostruito.

Quando si identifica un errore mediante la eye-mask si può sviluppare il diagramma ad occhio per osservare lo specifico intervallo unitario che lo ha provocato. Usando questa tecnica con la decodifica 8b/10b è possibile identificare gli errori corrispondenti a violazioni di questa maschera, provocati dall'interferenza tra simboli (ISI, inter-symbol interference).

La decodifica 8b/10b può essere utilizzata anche come supporto al debugging in fase di sviluppo.

La tecnica dei pattern ad occhio consente di effettuare precise misure su un elevatissimo numero di bit consecutivi (fino a 8 milioni), che garantiscono anche la cattura di jitter e rumore transitori. Un altro impiego di questa tecnica di analisi è la ricerca di singoli bit che violano le maschere di compatibilità (localizzazione delle violazioni).

Sono caratteristiche di questa funzione l'elevata velocità di aggiornamento e la possibilità di misurare jitter di valore bassissimo, con un valore efficace (tipico) di 1 ps.

## L'analisi del jitter

Le misure sul jitter sono senza dubbio le più critiche nell'analisi di segnale su dati seriali. A causa della breve durata dei fronti e delle finestre di validità dei dati negli attuali sistemi digitali

ad alta velocità è necessario che il progettista che deve garantire una buona affidabilità di un prodotto analizzi con la massima attenzione il jitter sui segnali e le relative cause. Quello che segue è un esame più dettagliato delle soluzioni proposte dai tre principali costruttori di strumenti digitali.

### Agilent

Per l'analisi del jitter Agilent ha introdotto il software Ezjit Plus, che consente di identificare e valutare separatamente le sue diverse componenti.

L'impostazione e l'esecuzione delle misure di jitter sono facilitate dal wizard di Ezjit Plus, mentre la correlazione tra il jitter e le condizioni del segnale viene evidenziata grazie alla visualizzazione delle caratteristiche del jitter nel tempo e della forma d'onda del segnale.

La comprensione dei risultati delle misure da parte dell'operatore è facilitata anche dal formato intuitivo del display e da una serie di informazioni indicate con la massima chiarezza.

Il display del DSO80604B mostra, contemporaneamente al clock, anche l'istogramma, il trend e lo spettro del jitter. Per un determinato parametro misurato questi tre grafici indicano rispettivamente la frequenza relativa con cui i suoi valori si verificano, l'andamento nel tempo in correlazione con la forma d'onda del segnale e il contenuto spettrale.

Si ottengono in tal modo molte dettagliate informazioni sul jitter e sulla sua distribuzione. Nei pattern ripetitivi si può valutare il jitter che dipende dai dati in funzione dei singoli bit e generare la curva bathtub, che misura l'apertura dell'occhio in funzione del BER.

Nel software Ezjit Plus la separazione delle componenti RJ e DJ, richiesta da molti standard attuali, viene effettuata utilizzando algoritmi simili a quelli già adottati dall'86100C DCA-J della stessa Agilent, a garanzia della precisione delle misure di jitter e della loro ripetibilità su diverse piattaforme. Il display 4-in-1 del software Ezjit Plus mostra le diverse componenti del jitter e permette di commutare rapidamente tra le due rappresentazioni: analisi del jitter e segnale misurato.

Infine, questo software consente di scegliere tra due differenti modalità, quella su dati periodici e quella su dati arbitrari,

quando si analizza il jitter nei test di compatibilità.

### LeCroy

Gli SDA LeCroy sono in grado di misurare i parametri relativi al jitter sul clock e sulla temporizzazione, come pure il TIE (time interval error) di segnale dei dati. Quest'ultima misura viene effettuata mediante un software di clock recovery di alta precisione. Inoltre questi strumenti possono misurare la deviazione del bit di dato rispetto alla loro posizione ideale nel tempo.

I dati elaborati possono essere visualizzati in diversi formati: bathtub, istogrammi, time trend o jitter dipendente dai dati in funzione del bit.

Inoltre questi strumenti comprendono il software Asda-J, che LeCroy promuove come "il più efficace sistema di analisi del jitter attualmente disponibile". Per valutare il jitter nei data stream seriali si utilizzano diversi strumenti, come gli oscilloscopi sampling, i TIA (time interval analyzer, analizzatori di intervalli di tempo) e i BER test set (strumenti per la misura del bit error rate). Il package Asda-J di LeCroy è il primo software che implementa tutti questi metodi standard. Con un unico strumento si possono vedere e capire le differenze che intercorrono tra questi metodi. Il software Asda-J offre la possibilità di effettuare specifiche misure di jitter per tutti gli standard relativi ai dati seriali.

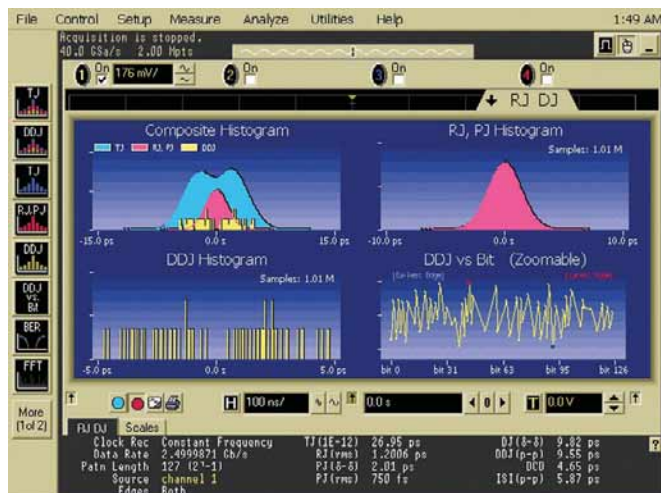
La funzione Jitter Wizard seleziona automaticamente tutte le impostazioni critiche dello strumento, garantendo la massima precisione e ripetibilità. La frequenza di campionamento, il livello, il bit rate e la lunghezza del pattern vengono rilevati automaticamente.

In modalità Edge-to-edge jitter le misure di tempo vengono effettuate sulle transizioni dei dati, una rispetto all'altra, esattamente come nei TIA. La loro visualizzazione può essere fatta in modo diretto oppure dopo compensazione e correlazione con le misure di jitter di fase.

Infine è presente la modalità Jitter filtrato, che supporta le misure ITU-T e Sonet utilizzando un filtro passa-banda che offre la possibilità di selezionare le frequenze di taglio inferiore e superiore. In questa modalità vengono visualizzati sia i valori picco-picco ed efficace del jitter che la sua forma d'onda.

Utilizzando la già menzionata tecnica Q-Scale, la larghezza della curva di distribuzione indica -come nel caso della rappresentazione ad istogrammi- l'intensità del jitter, mentre la pendenza delle linee grigie varia in ragione inversa della componente casuale (Rj). Un'indicazione di quanto la distribuzione reale si avvicini alla gaussiana pura viene fornita dall'allineamento delle linee rosse con i riferimenti di colore grigio. Si noti che è possibile (e anche abbastanza frequente) che, oltre a scostarsi dal caso ideale, la curva di distribuzione del jitter possa risultare asimmetrica. La componente del jitter evidenziata dalla parte inferiore delle linee rosse è dovuta solitamente al cross-talk o al rumore dell'alimentatore.

La componente deterministica del jitter (Dj) è indicata invece dalla distanza tra le due linee tratteggiate che compaiono al centro del display. Si può comprendere, da questa sintetica descrizione, che la tecnica Q-Scale consente misure di jitter estremamente semplici ed efficaci.



Il software Ezjit Plus di Agilent per l'analisi del Jitter

*Tektronix*

Il 70604 è dotato di avanzati strumenti di analisi del jitter, tra cui un sistema brevettato di ripristino software del clock e l'RT-Eye Serial Compliance & Analysis Software, oltre a un set completo di misure parametriche per standard specifici nei domini dell'ampiezza, del timing e del jitter. Fra queste possibilità di misura è incluso il Total Jitter a 10-12 BER, che utilizza metodologie industriali brevettate.

Sono disponibili in opzione altre funzionalità, che consentono di utilizzare maschere di forme d'onda nei test passa/non passa e di effettuare test con limiti conformi alle specifiche definite in campo industriale. In particolare, Tektronix offre opzioni software e maschere per PCI-Express (2,5 Gb/s), FB-DIMM, SATA a 1,5 Gb/s e 3 Gb/s, HDMI, ITU-T e ANSI T1 da 1,544 a 155 Mb/s, Ethernet IEEE 802.3, ANSI X3.263 da 1,544 Mb/s a 3,125 Gb/s, SONET/SDH da 51,84 Mb/s a 2,4883 Gb/s, Fibre Channel da 133 Mb/s a 4,25 Gb/s, InfiniBand 2,5 Gb/s, USB da 12 a 480 Mb/s, Serial Attached SCSI a 1,5 Gb/s e 3 Gb/s, IEEE 1394b da 491,5 Mb/s a 1,966 Gb/s, RapidI/O da 1,25 a 3,125 Gb/s e OIF Standards da 2,488 a 3,11 Gb/s.

Il software di analisi permette di effettuare misure di jitter sui principali parametri di timing richiesti dagli standard di dati seriali veloci, consentendo di effettuare più accurate misure di precisione anche con bassissimo rumore di jitter. Con questo strumento è possibile effettuare con facilità misure di jitter su cicli di clock contigui da qualsiasi impulso valido nell'ambito di un'acquisizione single-shot. Questi tool di analisi sono disponibili come funzioni standard nella Serie DSA70000 e in opzione nella Serie DPO70000.

## Analisi dei dati seriali e clock recovery

Tutti gli strumenti dedicati all'analisi dei dati seriali veloci dispongono di specifici pacchetti software, che consentono di verificare l'integrità dei segnali e mettere a fuoco i problemi ad essa correlati, esaminare il livello di prestazioni dei sistemi sotto test e caratterizzare nel modo più completo possibile i data stream seriali.

*Agilent*

Il DSA80604B dispone di nuovo software di analisi che, oltre a consentire di individuare rapidamente e con facilità i problemi di integrità del segnale, premette di effettuare la validazione delle prestazioni delle interfacce seriali.

Questo software è in grado di verificare le maschere, caratterizzare i flussi di dati seriali che utilizzano clock embedded e decodificare i dati 8b/10b contenuti in un flusso di dati seriali. Esso inoltre rende possibile la verifica di compatibilità con gli standard definiti per i settori dei computer, delle comunicazioni e della comunicazione dati, come PCI Express, Serial ATA (SATA), Serial Attached SCSI (SAS), Fibre Channel (FC), XAUI e Gigabit Ethernet.

Per impostare la misura l'utente viene guidato nella definizione del segnale, del metodo di ricostruzione del clock e nella dichiarazione di ciò che desidera visualizzare. Il menu è strutturato con il criterio della massima facilità d'uso. Il serial data

wizard si muove lungo gli step specificati dall'utente, in modo intuitivo e con una chiara indicazione delle informazioni basate su etichette, per facilitare ulteriormente la comprensione delle misure effettuate.

I clock embedded vengono ricostruiti con un PLL del primo ordine a frequenza costante o con un PLL del secondo ordine. Nel primo caso si possono regolare la frequenza centrale e l'ampiezza di banda, nel secondo anche il fattore di damping. Con i segnali PCI Express si utilizza l'algoritmo di ricostruzione del clock specificato da PCI-SIG.

La visualizzazione del segnale basata sui diagrammi ad occhio viene ricostruita a partire da tutti gli intervalli unitari presenti nella memoria dello strumento e allineati al clock ricostruito.

*LeCroy*

L'SDA6020 effettua le misure basate sul pattern ad occhio su un record continuo, che può arrivare fino a 8 M intervalli unitari (UI) consecutivi. Un algoritmo di ricostruzione del clock, definito in software e contenente modelli PLL del primo e del secondo ordine, viene utilizzato per suddividere il record in segmenti, ciascuno di lunghezza unitaria (1 UI) e quindi combinarli per formare il pattern ad occhio. Le successive acquisizioni vengono semplicemente aggiunte a quelle già presenti.

Questa modalità, e in particolare la struttura basata sugli intervalli UI nell'esatto ordine in cui si presentano, garantisce la cattura degli eventi transitori su ogni singolo bit. Inoltre viene eliminato il jitter sul trigger, consentendo misure di jitter sette volte inferiore rispetto ai metodi tradizionali di misura dei pattern ad occhio.

Queste misure sono compatibili con i protocolli PCI Express, Serial ATA, USB 2.0 e Serial Attached SCSI. Lo strumento dispone di modalità di ricostruzione del clock specifiche per PCI Express, DVI/HDMI e "Golden" PLL. È possibile altresì generare specifici modelli per diversi tipi di ricevitore.

Una particolare enfasi viene dedicata da questo strumento all'analisi di BER (Bit Error Rate Analysis), che consente di valutare la tolleranza sul jitter dei ricevitori. Il record catturato, relativo a più bit consecutivi, viene convertito per generare un bit stream utilizzando il clock ricostruito e un rivelatore di soglia. Confrontando questo bit stream con il pattern desiderato si può determinare il numero di bit errati e la frequenza di errore. Le locazioni corrispondenti a bit errati vengono visualizzate in una mappa tridimensionale, in relazione alla loro posizione nel pattern o nella singola frame, facilitando la ricerca della causa dell'errore.

*Tektronix*

L'analisi dei dati seriali ad alta velocità e le misure di compatibilità dei test sugli standard seriali (fra cui PCI Express, Serial ATA, SAS, InfiniBand, FB-DIMM, XAUI, Fibre Channel, IEEE 1394b e RapidIO) vengono effettuate mediante il software brevettato RT-Eye (Realtime Eye clock recovery and eye). Viene ricostruito il clock dello stream seriale fino a 10 Gb/s e oltre e vengono generati pattern ad occhio di elevata precisione con tutte le forme d'onda accumulate.

Questo pacchetto è presente come standard nei modelli della serie DSA70000, mentre nei DPO70404/604/804 è offerto co-

me opzione (Opt. RTE). Il trigger sui pattern seriali con ricostruzione software del clock per i data stream NRZ e gli eventi correlati sugli strati fisico e link, indirizzato al debugging delle architetture seriali, è offerto nella configurazione base DSA70000 e come opzione PTH nei DPO70x04.

Un'altra funzionalità esclusiva di questi strumenti è il sistema di trigger Pinpoint, basata su una tecnologia al Silicio-Germanio, che Tektronix presenta come "l'unico sistema al mondo completo di trigger A/B in grado di scoprire e catturare difetti o eventi intermittenti in complesse strutture di segnale". Nei DSA70000 il sistema Pinpoint offre più di 1.400 combinazioni possibili di trigger, oltre a un trigger per pattern seriali fino a 3,125 Gb/s.

È prevista inoltre la possibilità di sincronizzarsi sul protocollo 8b/10b con relativa decodifica, con attivazione del trigger su quattro simboli consecutivi da 10b o su errori definiti. In altri termini, i dati in arrivo si possono sincronizzare in tempo reale senza post-elaborazione, consentendo di attivare il trigger su un evento anomalo, anziché affidare la ricerca a tentativi o misure ripetitive.

Altri software esclusivi di Tektronix sono MyScope, che consente di creare una finestra di controllo Windows in cui sono presenti solo le funzionalità che interessano l'utilizzatore; OpenChoice, con cui è possibile personalizzare il sistema di test e misura con i tool di analisi desiderata; e il pacchetto FastAcq, basato sulla tecnologia di acquisizione DPX, che permette di catturare simultaneamente più di 300.000 forme d'onda al secondo sui quattro canali dello strumento.

## I test di compatibilità

Una volta terminato un progetto è il momento di valicarne le prestazioni rispetto alle specifiche descritte dagli standard. Spesso la realizzazione dei test di compatibilità rappresenta un compito lungo e complesso, in quanto si tratta di misure che non possono essere fatte in modo manuale.

Per ovviare a questo inconveniente, un buon oscilloscopio di questa fascia prevede funzionalità specifiche a supporto dei progettisti.

### Agilent

Il DSA80604B, come tutti gli strumenti della famiglia DSA80000B, supporta diversi pacchetti software per test di compatibilità sul test framework Infiniium, che consente al progettista di risparmiare tempo impostando i test in modalità di esecuzione automatica.

In tal modo le difficoltà si limitano al corretto collegamento dello strumento, alla scelta dei file di test e all'analisi dei risultati delle misure, che devono essere confrontati con i limiti previsti dalle varie specifiche.

Il test framework Infiniium guida il progettista nella scelta e nella configurazione dei test, nella realizzazione del collegamento dello strumento, nell'esecuzione dei test e nell'analisi dei risultati. Con un semplice click del mouse si possono selezionare singoli test o gruppi di test.

Grazie a un flow task-driven vengono definite le misure, i col-



**L'SDA6020 di LeCroy, parte di una famiglia che offre soluzioni da 3 a 18 GHz**

legamenti e l'impostazione del piano di test. I risultati vengono visualizzati con le relative segnalazioni di test superato o fallito, i margini e con le forme d'onda di supporto. Sono disponibili soluzioni di compatibilità elettrica per gli standard PCI Express, USB, Ethernet e Firewire, per quelli di memoria (FBD, DDR) e di storage (FC, SATA, SAS) e per gli standard video DVI e HDMI.

Il progettista viene facilitato nella scelta delle misure da eseguire, che saranno impostate ed effettuate automaticamente dallo strumento. I package per test di compatibilità sono disponibili per tutti i principali standard industriali.

### LeCroy

Anche l'elenco dei package opzionali di supporto per i test di compatibilità offerti dalla Serie SDA di LeCroy è in continua espansione. Con un solo comando si può eseguire un completo set di misure e visualizzare i risultati con l'indicazione pass/fail.

Per fare fronte alla continua introduzione di nuovi standard, LeCroy punta sulle funzionalità di personalizzazione degli SDA e sulla possibilità di implementare funzioni e/o definire parametri utilizzando una serie di linguaggi di programmazione come Matlab, MathCAD, Excel, o Visual Basic. Queste funzioni possono essere incorporate nello strumento per creare un piano di misure personalizzato, al quale l'utente potrà accedere esattamente come alle funzioni standard.

### Tektronix

La Serie DSA70000 effettua la verifica di compatibilità con gli standard di comunicazione utilizzando le maschere di testing. In questi strumenti vengono supportate 156 differenti maschere per altrettanti standard.

I tool per l'analisi di compatibilità sui dati seriali sono offerti come funzioni standard, mentre nei DPO sono offerti come opzione (RTE). Entrambe le serie prevedono come opzione i moduli di compatibilità per PCI Express (opzione PCE), Serial ATA e SAS (SST), InfiniBand (opzione IBA) e FB-DIMM (FBD). L'analisi della compatibilità HDMI è affidata all'opzione HT3., quelle di compatibilità Ethernet, DVI e USB rispettivamente alle opzioni ET3, DVI e USB. ■