

Tecnologia di generazione delle forme d'onda Trueform

A cura di Agilent Technologies

Jitter delle forma d'onda significativamente inferiore e capacità di ottenere una rappresentazione esatta della forma d'onda desiderata, anziché una sua approssimazione, sono alcuni dei vantaggi della tecnologia Trueform

La tecnologia di generazione delle forme d'onda è una soluzione esclusiva adottata nei nuovi generatori di forme d'onda Agilent Serie 33500B. La tecnologia Trueform offre notevoli vantaggi rispetto alla sintesi digitale diretta (DDS), la tecnologia tradizionale utilizzata nei generatori di funzioni e forme d'onda arbitrarie. I suoi vantaggi comprendono un jitter delle forma d'onda significativamente inferiore, che riduce l'incertezza delle misure, e la capacità di ottenere una rappresentazione esatta della forma d'onda desiderata, anziché una sua approssimazione. In questa descrizione tecnica sarà illustrata la tecnologia Trueform e confrontata con la sintesi digitale diretta per la generazione di forme d'onda.

Concettualmente, il modo più semplice per generare una forma d'onda è quello di memorizzare i punti che la definiscono in una memoria per poi rileggerli uno dopo l'altro al ritmo del segnale di clock passandoli a un convertitore digitale/analogico (DAC). Dopo aver letto l'ultimo punto, il generatore ritorna al punto iniziale per ricominciare un nuovo ciclo. Questo metodo di generazione è talvolta chiamato "un punto per clock" o PPC (point per clock).

Sebbene questo metodo sembri il più intuitivo per creare forme d'onda di ogni genere, ha due grandi svantaggi. Primo, per cambiare la frequenza della forma d'onda o la frequenza di campionamento è necessario cambiare la frequenza del segnale di clock, ma realizzare un buon generatore di clock a basso rumore con frequenza variabile aggiunge costi e complessità allo strumento. Secondo, poiché il segnale di uscita a gradino tipico di un convertitore digitale/analogico non è desiderabile in molte applicazioni, è necessario inserire filtri analogici complessi per smussare i fronti del segnale di uscita.

A causa della sua complessità e costo, questa tecnologia viene usata prevalentemente nei generatori di forme

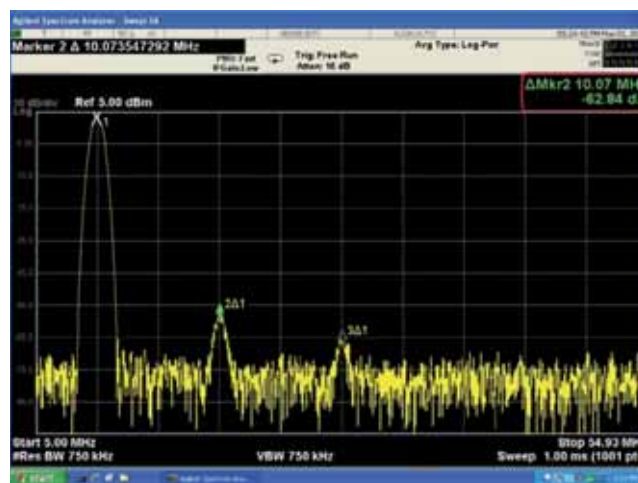


Fig. 1 - Le armoniche del segnale generato con la tecnologia Trueform

d'onda di fascia alta. La tecnologia di sintesi digitale diretta utilizza un clock a frequenza fissa e uno schema di filtraggio più semplice, per cui si rivela meno costosa del metodo di generazione a un punto per clock. Nella sintesi digitale diretta, un accumulatore di fase aggiunge un incremento alla sua uscita a ogni ciclo di clock, e l'uscita dell'accumulatore rappresenta la fase della forma d'onda. La frequenza di uscita è proporzionale all'incremento, pertanto risulta semplice cambiare la frequenza del segnale generato anche quando la frequenza di clock rimane fissa. L'uscita dell'accumulatore viene poi convertita da un dato di fase in un dato di ampiezza del segnale tipicamente mediante una tabella di corrispondenza.

La struttura del circuito con l'accumulatore di fase permette alla sintesi digitale diretta di utilizzare un clock a frequenza fissa, ma ciononostante di generare forme



Fig. 2 - Le armoniche del segnale generato con la sintesi digitale diretta (DDS)

d'onda a una frequenza di campionamento percepita superiore a quella di clock.

Pertanto, nella sintesi digitale diretta, non tutti i singoli punti di definizione vengono riprodotti nella forma d'onda di uscita. In altre parole, la sintesi digitale diretta non usa necessariamente tutti i punti della forma d'onda memorizzata, ma ne crea una generalmente con buona approssimazione.

Però, poiché si tratta pur sempre di un'approssimazione, i dati che definiscono la forma d'onda vengono in qualche modo modificati. La sintesi digitale diretta può saltare e/o ripetere alcuni particolari delle forma d'onda in modo imprevedibile. Nel migliore dei casi, ciò può causare un aumento del jitter; nei casi peggiori si possono creare distorsioni molto significative. Alcuni dettagli presenti



Fig. 3 - Misura di jitter su un segnale generato con Trueform

nelle forme d'onda possono essere completamente o parzialmente saltati.

La tecnologia Trueform sviluppata da Agilent rappresenta il nuovo passo in avanti nelle soluzioni per la generazione di segnali e forme d'onde arbitrarie. Trueform offre il meglio dei due mondi. Garantisce una forma d'onda prevedibile a basso rumore senza saltare alcun punto, come avviene nella tecnologia un punto per clock, ma al costo tipico della sintesi digitale diretta. La tecnologia Trueform funziona sfruttando un circuito di clock a velocità variabile virtuale brevettato con tecniche di filtraggio avanzate, che si adattano alla frequenza di campionamento della forma d'onda. Nei paragrafi successivi saranno descritti alcuni dei vantaggi offerti dalla tecnologia Trueform rispetto alla sintesi digitale diretta.

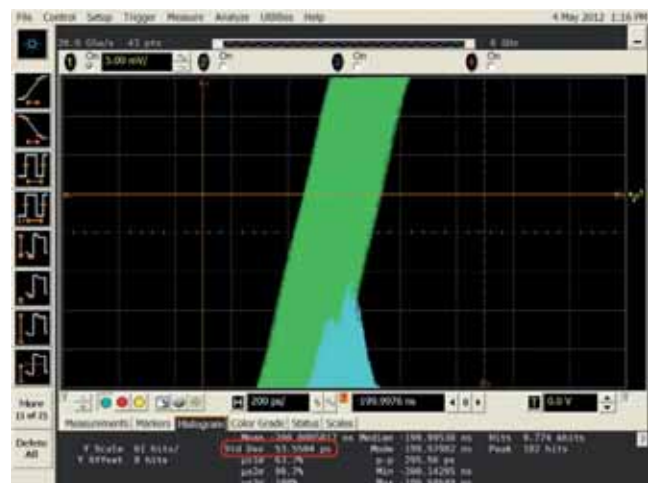


Fig. 4 - Misura di jitter su un segnale generato con la sintesi digitale diretta (DDS)

Migliore integrità del segnale

Uno dei principali vantaggi offerti dalla tecnologia Trueform rispetto alla sintesi digitale diretta è una migliore integrità del segnale complessiva. Si possono osservare i vantaggi ottenuti nel dominio delle frequenze confrontando gli spettri del segnale e nel dominio del tempo confrontando una misura di jitter. La figura 1 mostra una vista nel dominio delle frequenze di un'onda sinusoidale a 10 MHz generata con la tecnologia Trueform. La figura 2 mostra lo stesso vista nel dominio delle frequenze di un'onda sinusoidale a 10 MHz generata mediante la sintesi digitale diretta.

Idealmente, lo spettro di un'onda sinusoidale dovrebbe essere costituito da una frequenza fondamentale senza alcuna armonica, ma nel mondo reale ciò non accade,

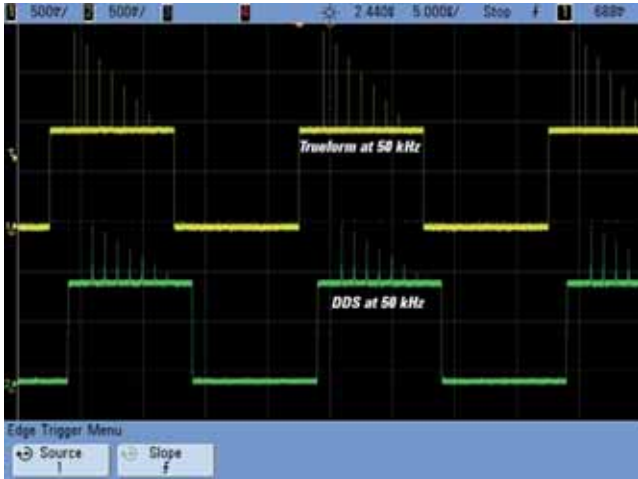


Fig. 5 - Confronto tra forme d'onda arbitrarie a 50 kHz

per cui si desidera che le armoniche siano le più piccole possibile. In entrambe le figure 2 e 3, riquadrati in rosso si può osservare di quanti dB la seconda armonica sia più piccola delle frequenza fondamentale. Si nota che la seconda armonica del segnale Trueform è di oltre 5 dB più bassa di quella del segnale generato con la sintesi digitale diretta. Inoltre, nello spettro del segnale generato con la sintesi digitale diretta, si nota visivamente la presenza della quarta e quinta armonica che emergono dal rumore di fondo, nonché di una frequenza spuria tra la quarta e la quinta armonica.

Confrontando i due segnali dal punto di vista delle misure di jitter, il vantaggio offerto dalla tecnologia Trueform diventa ancora più evidente. Le figure seguenti mostrano una misura di jitter eseguita su un segnale impulsivo a 10 MHz mediante un oscilloscopio ad alte prestazioni.

La visualizzazione dell'oscilloscopio ingrandisce il fronte di salita del segnale impulsivo in modalità a persistenza infinita. La funzione istogramma dell'oscilloscopio viene usata per misurare il jitter temporale del segnale. Il valore della deviazione standard delle misure in entrambe le figure è riquadrata in rosso e rappresenta il valore quadrato medio (RMS) del jitter del segnale.

La misura di jitter del segnale impulsivo generato con Trueform è riportata nella figura 3, mentre quella sul segnale impulsivo generato con la sintesi digitale diretta è riportato nella figura 4.

Per entrambe le figure 3 e 4, gli assi verticali e orizzontali degli oscilloscopi hanno le stesse impostazioni di scala. La forma d'onda dell'impulso generato con Trueform è affetta da un jitter di oltre 10 volte inferiore rispetto a quello dell'impulso generato con la sintesi digitale diretta.

Il miglioramento dell'integrità dei segnali Trueform rispetto a quelli generati tramite la sintesi digitale diretta si traduce in minori incertezze nell'esecuzione delle misure. Si tratta di una conseguenza particolarmente importante quando si considerano le applicazioni la cui temporizzazione è basata sui fronti d'onda, come la generazione di un segnale di clock, di un segnale di trigger o di un segnale di comunicazione. Una diminuzione del jitter si traduce direttamente in minori incertezze nell'esecuzione di misure e collaudi.

La forma d'onda creata è quella generata

Come illustrato precedentemente, la sintesi digitale diretta utilizza un clock a frequenza fissa e un accumulatore di fase, pertanto non può garantire che ogni singolo punto o dettaglio presente in una forma d'onda venga riprodotto. Più alta è la frequenza, più numerosi saranno i 'buchi' presenti nella forma d'onda d'uscita rispetto alla

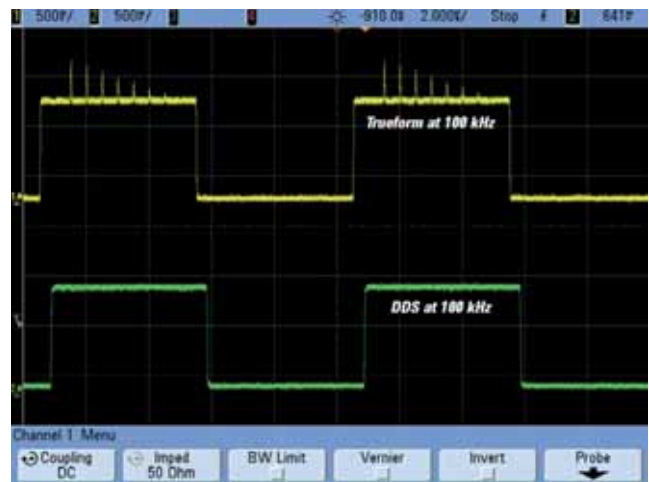


Fig. 6 - Confronto tra forme d'onda arbitrarie a 100 kHz

rappresentazione della forma d'onda ideale. La tecnologia Trueform, al contrario, riproduce ogni singolo punto della forma d'onda indipendentemente dall'impostazione della frequenza di uscita o della frequenza di campionamento. Si tratta di un aspetto che diventa fondamentale quando si lavora con forme d'onda che hanno dei piccoli dettagli critici per le prove che si devono eseguire.

A titolo di esempio, è stata creata una forma d'onda arbitraria composta da un impulso con sette picchi di intensità decrescente sovrapposti al livello superiore dell'impulso. La forma d'onda così creata è stata poi caricata in un generatore di forme d'onda Trueform e in un generatore di funzioni e forme d'onda arbitrarie a sintesi digitale

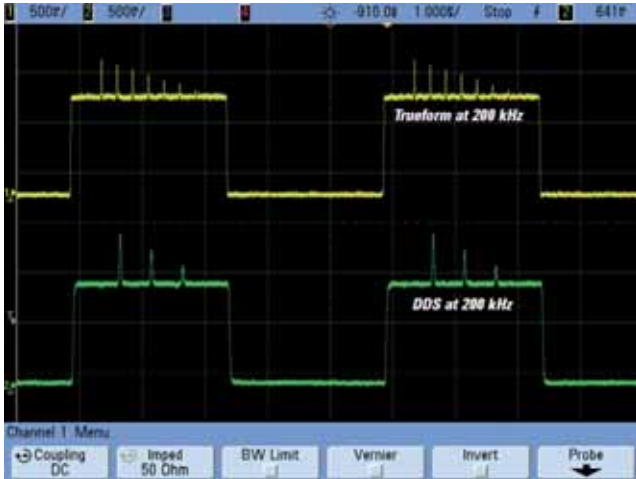


Fig. 7 - Confronto tra forme d'onda arbitrarie a 200 kHz

diretta. Inizialmente, la forma d'onda è stata riprodotta a una frequenza di 50 kHz su entrambi i generatori. Il risultato è stato catturato con un oscilloscopio e riportato nella figura 5. La traccia gialla è quella della forma d'onda generata con Trueform, mentre quella verde è del segnale generato con la sintesi digitale diretta.

Nella figura 5 del segnale a 50 kHz, entrambi i generatori sono riusciti a riprodurre la forma d'onda con i sette picchi sovrapposti all'impulso. Si può notare come i picchi generati con Trueform raggiungano un'ampiezza più elevata. Nella schermata dell'oscilloscopio riportata nella figura 6, le forme d'onda sono le stesse, ma questa volta a 100 kHz.

A 100 kHz, il generatore di forme d'onda Trueform ha riprodotto tutti e sette i picchi, mentre il generatore a sintesi digitale diretta li ha saltati tutti quanti. Nella schermata dell'oscilloscopio riportata nella figura 7, le stesse forme d'onda sono state di nuovo generate, ma raddoppiando ancora la frequenza a 200 kHz. A 200 kHz, ancora una volta, il generatore Trueform riproduce tutti e sette i picchi presenti nella forma d'onda. Il generatore a sintesi digitale diretta passa dall'assenza di impulsi a 100 kHz alla riproduzione di tre impulsi a 200 kHz. Si noti che i tre impulsi riprodotti nella forma d'onda a 200 kHz non sono temporalmente allineati ad alcuni dei sette picchi presenti nella definizione originaria della forma d'onda. Queste

forme d'onda di esempio dimostrano che quando si lavora con forme d'onda che hanno particolari dettagliati, non ci si può fidare della sintesi digitale diretta.

Per decenni, la sintesi digitale diretta è stata la tecnologia dominante per realizzare i generatori di segnali e forme d'onda arbitrarie, perché ha costituito un'alternativa a basso costo alla più costosa tecnologia di generazione a un punto per clock di fascia alta.

I maggiori svantaggi della sintesi digitale diretta sono legati alla scarsa qualità dei segnali in termini di jitter e rumore armonico, nonché al salto di alcuni punti della forma d'onda che impediscono di ottenere una forma d'onda generata perfettamente rispondente alla sua definizione programmata. La tecnologia Trueform brevettata da Agilent rappresenta il nuovo salto di qualità nella generazione di forme d'onda, offrendo le prestazioni dei segnali generati con un punto per clock al costo della sintesi digitale diretta. Ciò significa poter ottenere forme d'onda d'uscita a basso jitter per qualunque forma d'onda e in qualunque condizione.

La tecnologia Trueform di Agilent offre un'alternativa che

Tabella 1 - Caratteristiche della tecnologia Trueform

	DDS: Traditional 25 MHz waveform generator	Trueform: Agilent 30 MHz 33511B waveform generator	Improvement
Edge jitter	500 ps	40 ps	12x better
Custom waveform replication	Skips waveform points	100% point coverage	Exact waveform replication
Total harmonic distortion	0.2%	0.04%	5x better
Anti-alias filtering	Must provide externally	Always anti-aliased	No anti-aliasing artifacts
Sequenced arb	Not possible	Standard	Easily create complex waveform sequences

abbina il meglio delle architetture di generazione a un punto per clock e a sintesi digitale diretta senza incorrere nelle limitazioni di ciascuna di esse. La tecnologia Trueform sfrutta una tecnica di campionamento esclusiva che offre prestazioni senza precedenti allo stesso costo tipico della sintesi digitale diretta. La tabella 1 sintetizza le caratteristiche della tecnologia Trueform. ■