

# Oscilloscopi a campionamento

Armando Martin

Gli oscilloscopi a campionamento eseguono misure su segnali fino a un ordine di grandezza superiore rispetto agli altri tipi di oscilloscopi. Sebbene esistano numerose tecniche di campionamento, negli attuali oscilloscopi digitali si usano due metodi fondamentali: in tempo reale e in tempo equivalente. Quest'ultimo (di tipo casuale o sequenziale) viene adottato nello studio di segnali ripetitivi con frequenze molto elevate. Decisamente dinamica e differenziata l'offerta di mercato.

Gli oscilloscopi a campionamento sono oscilloscopi digitali dedicati alle misure di precisione su segnali ad alta frequenza (tipicamente più elevata di quella dello strumento). In tali situazioni gli altri oscilloscopi digitali, e tanto meno quelli analogici, non sono in grado di acquisire un numero sufficiente di campioni in una sola scansione.

La corrente terminologia commerciale identifica gli oscilloscopi a campionamento con gli strumenti "a tempo equivalente" preposti all'analisi di segnali periodici che possono funzionare a velocità di temporizzazione elevatissime e larghezze di banda nell'ordine dei 100 GHz.

D'altra parte gli oscilloscopi a campionamento a tempo reale sono comunemente definiti "a tempo reale" e spesso coincidono con gli oscilloscopi a memoria digitale (DSO, Digital Storage Oscilloscopi).

A differenza di questi e di quelli ai fosfori digitali (DPO, Digital Phosphor Oscilloscope), gli oscilloscopi sampling sono caratterizzati da un'architettura che scambia le posizioni dell'attenuatore / amplificatore e del ponte campionatore (cfr figura 1).

Il segnale di ingresso viene campionato prima di essere eventualmente attenuato o amplificato. All'uscita del ponte campionatore viene adoperato un amplificatore a piccola larghezza di banda, in quanto il segnale è già stato convertito a una frequenza più bassa dalla porta campionatrice. Ne risulta uno stru-

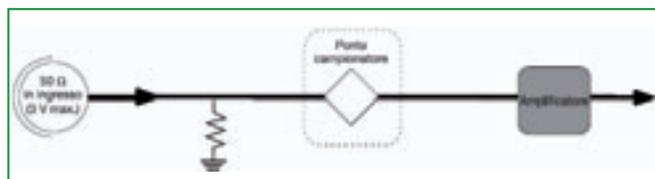


Figura 1 - Architettura oscilloscopio a campionamento (Fonte: Tektronix)

mento con larghezza di banda molto più ampia. Lo svantaggio derivante da questa caratteristica è la limitazione della gamma dinamica: non è possibile regolare l'ampiezza del segnale di ingresso, né si possono inserire diodi di protezione. Ne consegue una riduzione della tensione di ingresso applicabile di pochi Volt, mentre negli altri tipi di oscilloscopio si raggiungono tensioni di diverse centinaia di Volt.

## I metodi di campionamento

Grazie al processo di campionamento svolto dall'oscilloscopio, una parte dei segnali di ingresso viene convertita in un certo numero di valori elettrici discreti allo scopo di memorizzare, elaborare e visualizzare la grandezza sotto esame. L'ampiezza di ciascun campione è uguale a quella del segnale di ingresso nell'istante in cui viene campionato. Nell'oscilloscopio digitale una serie di campioni viene ricostruita su un display, in modo da rappresentare l'ampiezza lungo l'asse delle ordinate e il tempo lungo l'asse delle ascisse. Il segnale di ingresso si visualizza come una serie di punti. Se questi sono a grande distanza tra loro, si possono unire con linee o vettori mediante varie tecniche di interpolazione. In ogni caso mentre la risposta di un oscilloscopio convenzionale è limitata dalla larghezza di banda del canale verticale (alcune centinaia di MHz), gli oscilloscopi che sfruttano tecniche di campionamento visualizzano segnali periodici di frequenza molto più elevata. Sebbene esistano numerose tecniche di campionamento, negli attuali oscilloscopi digitali si usano due metodi fondamentali: in tempo reale e in tempo equivalente. Il campionamento in tempo reale (real time sampling) è la tecnica più intuitiva.

I campioni vengono acquisiti in forma sequenziale e la visualizzazione è legata all'evento di trigger.

Gli oscilloscopi real-time non superano attualmente i 20 GHz (ma la maggior parte dei modelli si concentra nella fascia 500 MHz - 2 GHz). Questa tecnica consente di operare sia con segnali ripetitivi, sia con segnali di durata finita o eventi singoli (single shot event). Si tratta di un metodo in cui l'oscilloscopio cattura e riunisce un sufficiente numero di punti per ricostruire il segnale.

Questo tipo di campionamento è l'unico utilizzabile per analizzare segnali transitori o non ripetitivi. Il campionamento in tempo equivalente (ETS, Equivalent Time Sampling) può essere di tipo casuale (asincrono) o sequenziale (sincrono) e consente di superare i 100 GHz nei modelli più prestanti per l'analisi dei bus seriali di ultima generazione e delle relative armoniche superiori. Il principio su cui si basa è che la porzione di forma d'onda visualizzata viene costruita analizzando più intervalli e sfruttando la periodicità del segnale e la stabilità del trigger. Lo esamineremo comunque in modo più dettagliato nel capitolo seguente.



## Il campionamento in tempo equivalente

Per acquisire con precisione segnali ripetitivi (o assumibili come tali), la cui frequenza è superiore alla metà della frequenza massima di campionamento dell'oscilloscopio, si ricorre al campionamento in tempo equivalente. Gli oscilloscopi digitali che utilizzano questa tecnica vengono impiegati per lo studio e la visualizzazione di segnali con frequenze molto elevate, a condizione che presentino forme d'onda costanti nel tempo. Gli strumenti a tempo equivalente provvedono a campionare tratti di segnale da analizzare, presi in periodi successivi, in modo da poter ricostruire fedelmente il segnale ad una frequenza inferiore di quella reale e quindi poterlo visualizzare sul display. Detto altrimenti, viene costruita l'immagine di un segnale periodico acquisendo parte dell'informazione complessiva durante ciascuna ripetizione (cfr figura 2). Questo metodo immagazzina in memoria molte tracce del segnale da catturare nelle stesse condizioni di trigger, determinando serie di campionamento sempre diverse. Sovrapponendo tutte le tracce è possibile ricostruire il segnale anche a frequenze più alte di quella di campionamento. Il limite, in questo caso, sta nella banda passante dell'amplificatore d'ingresso. La scelta di eseguire un campionamento in tempo equivalente ha senso se, per un dato segnale, la massima frequenza di campionamento non verifica il criterio di Nyquist e se la banda passante dell'oscilloscopio è non inferiore alla massima frequenza contenuta dal segnale, in modo da non introdurre deformazioni. Sul piano operativo è inoltre necessario poter selezionare le singole porzioni di segnale e verificare che esse siano effettivamente delle repliche. Per sfruttare al meglio la ripetitività sono state sviluppate due modalità di campionamento equivalente: casuale (asincrono) e sequenziale (sincrono). Il campionamento a tempo equivalente casuale permette di visualizzare il segnale di ingresso prima del punto di trigger, senza bisogno di una linea di ritardo. Gli strumenti in tempo equivalente casuale impiegano un clock interno che funziona in modo asincrono rispetto al segnale di ingresso e a quello di trigger. I campioni vengono acquisiti senza interruzione, indipendentemente dalla posizione del trigger, e vengono visualizzati in base al periodo di tempo intercorrente tra il

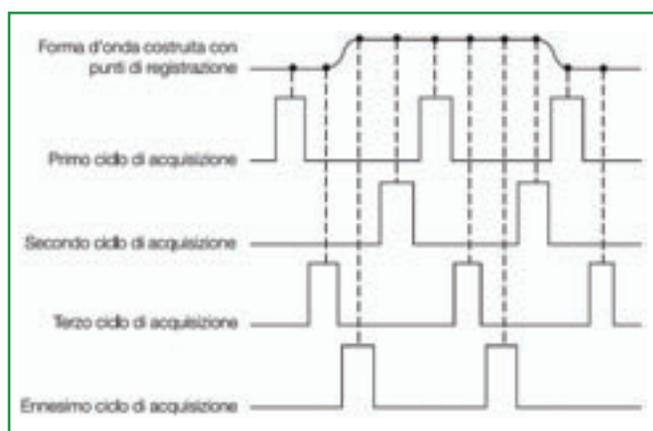


Figura 2 - Metodo di campionamento in tempo equivalente (Fonte: Tektronix)

campione e il trigger. Sebbene i campioni siano acquisiti in sequenza nel tempo, il loro ordine è casuale rispetto al trigger. La capacità di acquisire e visualizzare i campioni prima del punto di trigger è il vantaggio essenziale di questa tecnica di campionamento, che elimina la necessità di linee di ritardo o di segnali di pretrigger esterni. Il campionamento a tempo equivalente sequenziale offre precisione e risoluzione maggiori e si basa sull'acquisizione di campioni di un segnale di periodo noto. Ogni campione viene acquisito una volta rilevato il tempo di trigger indipendentemente dalla velocità di scansione e, dunque, non si può visualizzare il punto di trigger senza utilizzare una linea di ritardo analogica. Dopo aver rilevato un trigger, il digitalizzatore acquisisce un campione al termine di un ritardo molto breve ma specificato. Quando viene comandato il trigger successivo, il digitalizzatore incrementa il ritardo di una piccola quantità ( $\Delta t$ ) e acquisisce un altro campione. Questa operazione si ripete molte volte finché non viene esaurito il periodo di tempo. Come risultato finale i campioni compaiono in sequenza da sinistra a destra lungo la forma d'onda, quando questa viene visualizzata sullo schermo dell'oscilloscopio.

## Tendenze di mercato e modelli di punta

Nel mercato del Test & Measurement gli oscilloscopi occupano una posizione di preminenza. Nel corso degli anni sono infatti diventati parte integrante delle attività di ricerca, progettazione, produzione, installazione e manutenzione in molti settori industriali, militari e ICT, con un mercato mondiale di circa 1,2 miliardi di dollari nel 2007 e un tasso di crescita stimato del 6% fino al 2012 (Frost & Sullivan). Tale vivacità si riflette in un'offerta ricca e innovativa anche negli oscilloscopi sampling. Vediamone, in breve, alcuni modelli di punta dedicati all'analisi di segnali ad elevata velocità di scansione e a banda larga. Agilent propone 86100C Infiniium DCA-J, un oscilloscopio sampling a banda larga estremamente preciso, progettato specificamente per analisi complesse di forme d'onda per comunicazione digitale. È uno strumento modulare multi-funzione in grado di analizzare segnali da 50 MHz a 80 GHz. In casa Lecroy, WaveExpert 100 H si propone come una vera e propria stazione di lavoro dedicata all'analisi di integrità dei segnali. Il WaveExpert gestisce oltre 20 analisi geometriche "eye-pattern", in particolare per test di segnali ottici. La larghezza di banda supera i 100 GHz, il jitter è inferiore a 250 fs (rms) e la velocità di acquisizione è di 10 MS/s. L'oscilloscopio a campionamento TDS8000 di Tektronix combina una piattaforma Windows PC-based con architetture DSP ad alte prestazioni. La serie 8000, ideale per test di semiconduttori, caratterizzazione TDR, cavi e comunicazioni digitali, fornisce velocità di tempo equivalente da 0,5 ps/div a 5 ms/div, registrazioni da 20 a 4.000 punti e intervalli di campionamento di 0,01 ps. Prestazioni eccellenti anche per lo Yokogawa AQ7750, oscilloscopio a campionamento ottico concepito per dispositivi ad alta velocità e analisi della qualità delle trasmissioni su reti ottiche. La larghezza di banda 500 GHz permette misure su segnali da 40 a 160 Gbps.

readerservice.it - n. 40