



E' indubbio che, nel corso degli anni, il digitale ha fatto passi da gigante, raggiungendo un livello qualitativo obiettivamente apprezzabilissimo. Nonostante ciò, e non possiamo negare che la cosa ci fa estremo piacere, affinamenti al sistema si susseguono ancora: in realtà non si tratta di veri e propri sconvolgimenti, ma non si può dubitare che alcuni dei miglioramenti apportati dalle ultime tappe della incessante ricerca effettuata dai produttori più validi siano particolarmente interessanti. Analizziamo dunque le novità.

Jitter: contenerlo è la nuova sfida

Il jitter e la sua indubbia influenza sul suono hanno da sempre, oseremmo dire dalla nascita del sistema digitale, costituito un polo di grande interesse per i progettisti, ma negli ultimissimi tempi l'attenzione nei confronti delle problematiche ad esso legate è cresciuta sensibilmente. La motivazione alla base di tale scelta è precisa; nel digitale infatti, come vedremo meglio a brevissimo, due sono i limiti al conseguimento della perfezione: da un lato la mancanza di totale linearità nella conversione e, dall'altro, la imprecisione della temporizzazione dovuta al jitter.

Avendo raggiunto risultati di tutto rispetto, peraltro difficilmente migliorabili con la tecnologia attualmente a disposizione, sul primo degli aspetti su indicati, alle aziende produttrici, per migliorare ulteriormente la prestazione sonora dei propri prodotti e vincere così la concorrenza sempre agguerritissima, non resta che affinare la progettazione di quella sezione dell'insieme che si occupa del contenimento del jitter, che costituisce appunto l'altra faccia della medaglia.

Prima di lasciare spazio al paragrafo che segue, che ha il compito di investigare su entrambe le facce di tale medaglia, precisiamo che, allorquando parliamo di raggiungimento della perfezione nell'ambito del sistema digitale, non intendiamo assolutamente sottintendere che esso potrebbe essere perfetto all'ascolto qualora fosse totalmente a punto, tutt'altro dal momento che troppi sono i suoi limiti; per perfezione intendiamo piuttosto la realizzazione di prodotti che, saturando completamente tutte le sue possibilità, risulterebbero pertanto una precisa attuazione di quanto gli standard del sistema prevedono in teoria.

La distorsione nel digitale

Nella trasformazione di un segnale da analogico a digitale e, successivamente, nel processo speculare, che si occupa appunto della riconversione nel formato originale, due sono i tipi fondamentali di alterazione della integrità del messaggio audio, uno legato alla sua ampiezza e l'altro alla sua temporizzazione. Chiariamo subito il significato di questa affermazione e il distinguo che in qualche modo essa introduce.

A tale scopo partiamo dall'analisi di un segnale analogico, assumendo quale riferimento per la nostra semplificazione quella che è, a giusta ragione, considerata la sua forma base per eccellenza, cioè la sinusoidale. In **Fig.1**,

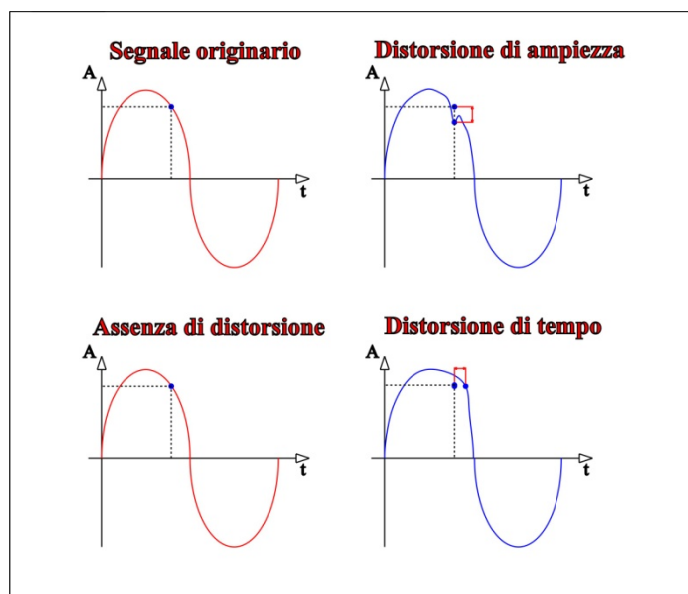


Fig.1: Il segnale sinusoidale originario è riportato in alto a sinistra; esso è rappresentato nel piano individuato dalla coppia di coordinate ortogonali, quella orizzontale per il tempo e l'altra, la verticale, per l'intensità. La collocazione di ogni punto della curva è determinata da una precisa ampiezza in un preciso istante: l'alterazione di una qualunque di tali grandezze comporta una deformazione della sinusoide, cioè una sua distorsione. Gli altri tre disegni rappresentano il medesimo segnale dopo che ha subito la doppia conversione, da analogico a digitale e viceversa; in basso a sinistra, grazie al rigoroso riposizionamento rispetto alle coordinate cartesiane di ogni punto della curva, la sinusoide è ancora perfetta, cioè indistorta; le due immagini sulla destra evidenziano invece le due forme di distorsione, tipiche del sistema digitale, rispettivamente di ampiezza e di tempo: per la massima chiarezza iconografica sono state volutamente esasperate le alterazioni subite dalla sinusoide a seguito di tali distorsioni.

questa è rappresentata nel piano individuato dalla coppia di coordinate ortogonali, quella orizzontale per il tempo e l'altra, la verticale, per l'intensità: la collocazione di ogni punto della curva è specificata da una precisa ampiezza in un preciso istante: l'alterazione di una qualunque di tali grandezze comporta una deformazione della sinusoide, cioè una sua distorsione. Quasi sempre, nelle analisi di laboratorio, così come nella pratica corrente, si è soliti volgere l'attenzione eminentemente ad un solo parametro, precisamente l'ampiezza. La causa di tale preferenza è giustificata per la stragrande maggioranza delle apparecchiature elettroniche ma, per le motivazioni cui tra un attimo accenneremo, il medesimo atteggiamento è da considerarsi molto superficiale allorché si interagisce con apparecchiature digitali. Infatti per queste ultime, un errore riguardante l'asse dei tempi può comportare distorsioni tanto devastanti quanto quelle inerenti l'asse delle ampiezze, se non ancor di più; inoltre è risaputo praticamente da sempre (le prime osservazioni in merito, ma già precise e ben circostanziate, furono quelle emerse dagli studi del colonnello Klipsch, oltre mezzo secolo fa) che la percettibilità di distorsioni temporali, a certi livelli di raffinatezza della riproduzione, è davvero molto accentuata.

Allo scopo di indicare con la massima chiarezza in qual modo viene deformato il segnale in presenza di distorsione temporale, abbiamo preparato una immagine, nell'ambito della **Fig.1**, che evidenzia tale tipo di distorsione.

Di gran peso è la seguente considerazione: la deformazione del segnale analogico, dopo una imperfetta conversione, è piuttosto devastante, anche se i dati numerici che ne quantizzano l'entità possono il più delle volte risultare ridicoli. Non è un caso infatti che apparecchi digitali simili nelle prestazioni al banco di misura esibiscano comportamenti sonici enormemente differenti: la realtà è che applicare al digitale le stesse modalità di test utilizzate in campo esclusivamente analogico ha sostanzialmente poco senso. Esaminiamo ora in pratica che cosa accade nel segnale riconvertito in analogico, allorché si è in presenza di jitter.

Il jitter e le sue malefatte

Specifichiamo innanzi tutto che cosa si intende per jitter: questa parola, che in senso generale etichetta un qualunque fenomeno di irregolarità di un segnale, specificatamente nel settore digitale, quello qui preso da noi in esame, suole essere adoperata per indicare l'irregolarità del clock. Il clock a sua volta è l'informazione relativa al tempo rispetto alla quale tutte le operazioni di elaborazione, manipolazione e trasformazione del segnale devono fare riferimento, in quanto sono da esso sincronizzate.

Per garantire un perfetto sincronismo, sono necessarie due cose: il computo del tempo deve partire simultaneamente su tutti i sistemi che ad esso fanno riferimento ed inoltre i segnali di temporizzazione, una volta avviati contemporaneamente, devono mantenere un passo perfetto e rigorosamente uguale per garantire continuamente la totale sincronia.

Ecco un semplicissimo esempio per chiarire i concetti or ora esposti: anni fa, quando la precisione del quarzo era ancora di là a divenire, nel caso di un appuntamento importante, in cui la puntualità era essenziale, si controllava che gli orologi segnassero la stessa ora. Era in realtà poco importante che questa fosse in assoluto precisa, quanto piuttosto che le indicazioni fossero coincidenti, in altre parole, che risultassero, come si suole dire, sincronizzate (tutti certamente ricordiamo la frase classica, presente nei film aventi per soggetto l'esecuzione di una rapina in banca: sincronizziamo gli orologi). Ovviamente era essenziale che gli orologi risultassero anche sufficientemente precisi, nel senso che, almeno sul breve periodo, se regolati sulla medesima ora, camminassero di pari passo senza apprezzabili scostamenti.

Dunque il clock è l'orologio che governa tutte le operazioni all'interno di una macchina digitale, la quale, lavorando in modalità sincrona, è fortemente condizionata dalla precisione di tale temporizzazione. Il segnale di clock (vedi **Fig.2**)

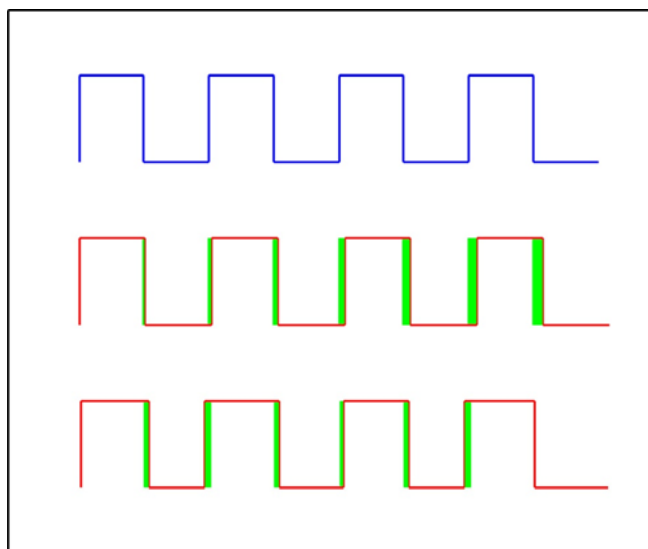


Fig.2: Il segnale del clock. In alto nella figura è mostrato l'andamento che teoricamente tale segnale dovrebbe assumere: una perfetta onda quadra, stabile in frequenza ed ampiezza, con fronti di salita e discesa rigorosamente verticali.

In basso, più realisticamente, due segnali di clock che si discostano dalla teoria in quanto il loro periodo non è totalmente stabile: dei due esempi qui riportati, il primo è caratterizzato da un errore costante e può quindi essere considerato impreciso, mentre il secondo, pur esibendo una frequenza media corretta, mostra incostanza tra un periodo e l'altro; in questo caso il segnale di clock viene catalogato come scarsamente accurato.

N.B.: In verde sono evidenziati gli scostamenti tra la posizione nel tempo che avrebbero dovuto avere in teoria i fronti delle onde quadre e quelli che realmente assumono a seguito della imprecisione della frequenza del clock.



è costituito da una onda quadra, teoricamente sempre costantemente uguale a se stessa, sia nell'ampiezza che nel periodo, con fronti di salita e discesa perfettamente verticali: quest'ultima fondamentale caratteristica è importante per evitare che si inneschino incertezze relativamente all'istante nel quale va considerata la transizione tra i livelli alto e basso, la qualcosa determinerebbe imprecisione in relazione alla lunghezza del periodo. La forma d'onda del clock, essendo costituita, come dicevamo, da una quadra sempre uguale a se stessa, non può che contenere una ed una sola informazione, quella relativa al tempo, che scandisce, a mo' di metronomo, ad ogni sua transizione di livello. Due sono le fondamentali famiglie in cui vengono catalogate le irregolarità del clock: infatti queste ultime possono presentarsi sul breve termine, ed in tal caso parliamo di mancanza di costanza o di accuratezza, oppure sul lungo periodo, ed allora ciò che risulta assente è la precisione. Non è impossibile avere una temporizzazione che, pur variando da istante ad istante, mantenga il valor medio della propria frequenza costante, tanto da risultare piuttosto precisa sul medio lungo termine. In realtà, ciò che si verifica più di sovente è che sussistano, nell'ambito dello stesso segnale, seppure con aliquote differenti, sia la mancanza di accuratezza quanto quella di precisione. Infine un'ultima forma di incostanza del clock può essere determinata da un improvviso disturbo esterno al sistema, che, in maniera non prevedibile e molto probabilmente proprio per questo più devastante, altera la corretta temporizzazione.

E' interessante a questo punto indagare in qual modo una imprecisione del clock possa alterare la forma d'onda di un segnale: a tale scopo vi rimandiamo nuovamente alla osservazione della **Fig.1**, dove è raffigurata anche la deformazione che deriva da una distorsione temporale. Si verifica infatti, in presenza di quest'ultima, che un campione del segnale, pur se corretto in termini di ampiezza, risulta traslato sull'asse dei tempi per mancanza di sincronismo tra il clock utilizzato al momento del campionamento del segnale originario in digitale e quello cui si fa riferimento all'atto della riconversione in analogico. Nella medesima immagine è anche illustrata la distorsione inerente all'ampiezza del segnale, allo scopo di effettuare un confronto tra le due alterazioni, che tutto sommato risultano simili negli effetti, sebbene molto diverse nelle origini. E' evidente che entrambe le distorsioni sono altamente inquinanti nei confronti della purezza del suono e pertanto nessuna delle due può essere trascurata in una realizzazione di classe. La precisione raggiunta dai convertitori attualmente disponibili sul mercato assicura una elevata accuratezza in termini di ampiezza del segnale restituito dopo la conversione, ed è questo il motivo per il quale, come detto all'inizio dell'articolo, ultimamente l'attenzione dei più raffinati progetti di lettori CD è concentrata soprattutto nei riguardi della precisione del clock, ovvero si pone come obiettivo primario quello di minimizzare la presenza del jitter. A tal riguardo, aggiungiamo che la deformazione dell'asse dei tempi può dipendere non solo da un clock generato in modo poco accurato, ma anche da un suo trasferimento poco attento: infatti, una imperfetta modalità di trasmissione del clock può determinarne una sensibile alterazione. Ecco il motivo per il quale, molto spesso, il cavo che veicola il segnale digitale è per certi versi ancora più critico di quello deputato al trasferimento della informazione analogica.

Il suono del jitter

Vogliamo qui cercare di indicare i parametri del suono che risentono maggiormente di una imprecisione del clock. La primissima caratteristica che all'ascolto si dimostra compromessa da una entità del jitter elevata è quella relativa al senso del ritmo: il suono risulta meno veloce, meno contrastato dinamicamente, in una parola perde moltissimo in termini di coinvolgimento e piacevolezza. Alla luce di tale considerazione parrebbe una vera e propria panacea la sostituzione, nel lettore CD, del generatore originale del clock con un altro di maggiore stabilità e precisione: talvolta tale upgrade si dimostra davvero molto efficace e l'apparecchio, dopo l'intervento, migliora consistentemente le proprie prestazioni, ma in altri casi, in verità per nulla rari, il suono risulta maggiormente digitalizzato e pertanto assai meno gradevole di quello esibito precedentemente. Ecco che cosa realmente accade: una certa quantità di jitter, oltre ai su menzionati effetti, determina anche la formazione di un sottile velo che si stende uniformemente sul suono, il quale risulta pertanto sì meno preciso e trasparente ma, in qualche modo, anche più morbido e meno spigoloso; la rimozione di tale opacità o sfocatura che dir si voglia può, quale contropartita, porre in piena evidenza tutte le asperità,

S.I. Audio

S.I. srl - via Ugo Niutta 36, 80128 NAPOLI - Tel. (+39) 081 5580270-fax (+39) 081 5580272

Web: www.siaudio.it e-mail: tecnica@siaudio.it



grossolanità e durezza del suono che inizialmente venivano offuscate e pertanto mitigate nei loro effetti negativi. Abbiamo in diversi casi riscontrato che alcuni lettori CD molto economici e nello stesso tempo considerati particolarmente ben suonanti, in relazione alla fascia merceologica di appartenenza, erano caratterizzati da una sapiente dose di jitter che contribuiva a rendere piacevolmente ambrato il loro suono, il quale appariva, almeno ad un primo ascolto, più gradevole.

Prima di concludere il paragrafo, segnaliamo che l'influenza del jitter sul suono è tanto maggiore quanto più cresce il contenuto energetico alle frequenze più alte del messaggio musicale. Al di là del fatto che è semplicissimo verificare tale asserto con un attento ascolto, confrontando il suono prima e dopo aver migliorato la qualità della temporizzazione, esso trova totale giustificazione nella teoria: attraverso una semplicissima equazione che può essere risolta da chi ha cognizioni di matematica anche piuttosto elementari (a livello di liceo) e che qui, stante gli obiettivi divulgativi che ci poniamo, ovviamente non riportiamo, è possibile dimostrare che la distorsione derivante dal jitter è direttamente proporzionale all'ampiezza del segnale ed alla sua frequenza. Dunque attenzione: se il nostro lettore tende a strillare e a scomporsi allorché sono presenti suoni acuti a livello sostenuto, e di conseguenza l'ascolto diviene sgradevole e fastidioso, non è assolutamente improbabile che la causa risieda nel progetto poco attento alle problematiche relative al jitter.

La cura giusta contro il mal di jitter

Come abbiamo accennato all'inizio, i costruttori più abili e raffinati si stanno, ultimamente con sempre crescente impegno, preoccupando di contenere il jitter: due sono principalmente le metodologie adottate. La prima, quella più ovvia, consiste nel migliorare il più possibile la stabilità del clock e la qualità delle linee deputate alla sua trasmissione, soprattutto se risulta necessario trasferirlo da un cabinet ad un altro, tramite un cavo non cortissimo, come accade per le accoppiate meccanica e convertitore, il duo che, qualora viene risolto in maniera ineccepibile il problema relativo alla connessione del segnale digitale da una unità all'altra, costituisce, per tutta una serie di indubbi vantaggi, che vanno dalla separazione delle alimentazioni alla schermatura dei fastidiosi campi magnetici innescati dal motore della meccanica, la soluzione da ritenersi sonicamente al top.

L'altra strada progettuale che conduce al contenimento, se non del jitter in quanto tale, della sua influenza sul suono, ci viene suggerita da una motivazione tecnica incontrovertibile: è possibile dimostrare in modo rigoroso, seppure utilizzando una matematica piuttosto sofisticata, che al crescere della frequenza di sovra campionamento decresce il peso dell'incostanza del clock sulla distorsione di tipo temporale. Rinunciare a processare il segnale in banda base è oramai prassi comune e ciò grazie alla capacità dei circuiti integrati, che operano la conversione D/A, di gestire frequenze di campionamento piuttosto elevate: operare a frequenze prossime al MHz sta diventando di fatto la norma.

Per concludere una riflessione: i traguardi sempre più ambiziosi che pian piano stanno raggiungendo in termini di prestazioni i sistemi digitali per uso home, ben presto (sempre che non lo stiano già facendo) metteranno in crisi profonda le attrezzature professionali per la realizzazione dei CD.

Un semplice esempio di quanto vogliamo asserire è il seguente: il generatore del clock dei migliori lettori rivaleggia e forse in alcuni casi supera per precisione quello utilizzato nei registratori impiegati negli studi; ci stiamo velocemente avvicinando al momento nel quale il punto debole della catena sarà la produzione del disco, non la sua riproduzione.

Fulvio Chiappetta

S.I. Audio

S.I. srl - via Ugo Niutta 36, 80128 NAPOLI - Tel. (+39) 081 5580270-fax (+39) 081 5580272

Web: www.siaudio.it e-mail: tecnica@siaudio.it