

IL PRESENTE ED IL FUTURO DELL’AUDIO DIGITALE CONSUMER

L’audio digitale consumer sta prendendo due strade distinte e contrapposte: quella dell’MP3 (e degli altri sistemi di codifica percettuale utilizzati su internet oppure per supporti compatti come il MiniDisc), caratterizzata da qualità medio/bassa e pertanto adatta all’ascolto su sistemi di riproduzione portatili o comunque di limitate prestazioni (malgrado i mass media continuano a definire l’MP-3 come il “successore del CD”), e quella dei nuovi supporti audio digitali ad alta risoluzione, il DVD-audio ed il Super Audio CD, che promettono prestazioni superiori a quelle del compact disc tradizionale.

di Roberto Lucchesi
(Audio Review – Roma)

La prima fase della "rivoluzione" audio digitale, iniziata con il compact disc circa vent’anni or sono, sta rapidamente esaurendosi: da una parte i 16 bit di risoluzione ed i 44,1 kHz di frequenza di campionamento del CD sono ormai considerati un vero e proprio "collo di bottiglia" all’interno di un impianto di registrazione/riproduzione di alta qualità, dall’altra c’è una sempre maggior richiesta di immagazzinare grandi quantità di dati in supporti di ridotte dimensioni (come il MiniDisc), nonché di utilizzare internet come archivio dal quale scaricare velocemente interi brani musicali. Ecco perché contemporaneamente si sta assistendo allo sviluppo ed al successo sia di nuovi standard su disco ottico di prestazioni superiori a quelle del CD, sia di sistemi di codifica percettuale (primo fra tutti l’onnipresente MP-3) sempre più efficienti.

Dopo il CD, il Super Audio CD

Se il successo di uno standard si misura dalla sua durata, dalla sua capacità di adattamento e dalla sua affermazione sul mercato (fino a questo momento sono stati acquistati oltre 500 milioni di CD-player e 10 miliardi di compact disc), allora il compact disc è stato sicuramente lo standard audio di maggior successo.

Ancor’oggi, inoltre, un CD ben registrato è in grado di lasciare a bocca aperta anche il più smaliziato degli audiofili: è facile comprendere come non sia facile la strada di chi voglia prendere il posto del compact disc come supporto musicale universale.

Attualmente gli standard in lotta per la conquista del posto di successore del CD sono due: il DVD-audio ed il Super Audio CD, entrambi in grado di supportare anche audio multicanale.

Tuttavia (vedi capitolo successivo), mentre il primo sfrutta le maggiori capacità di immagazzinamento del supporto per portare la dimensione della parola digitale da 16 a 24 bit e la frequenza di campionamento da 44,1 kHz a 192 kHz, il secondo punta su una nuova codifica. Invece della classica PCM (acronimo di “Pulse Code Modulation”: ad ogni campione del segnale analogico originale viene fatto corrispondere, in funzione del livello del campione stesso, una parola ad N bit), il Super Audio CD adotta infatti la codifica DSD (“Direct Stream Digital”), praticamente una Sigma-Delta con frequenza di campionamento pari a 64 volte quella del CD.

In pratica, il segnale analogico originale viene convertito in un flusso a 1 bit codificato Sigma-Delta con frequenza di campionamento pari a 2,82 MHz, che invece di essere decimato per fargli assumere la forma di un segnale PCM multibit a 44,1 kHz (come avviene nei sistemi di conversione A/D tradizionali, vedi figura 1) viene direttamente registrato sul disco (naturalmente dopo essere stato opportunamente elaborato dai circuiti di correzione di errore, vedi pagine seguenti).

Il DSD consente quindi di semplificare notevolmente il percorso del segnale dai convertitori A/D al disco, superando così interamente tutti i problemi di rumore di riquantizzazione e di ondulazioni della risposta in frequenza generati dai filtri FIR generalmente adottati per convertire il flusso a “1 bit” proveniente dai convertitori A/D Sigma-Delta in un segnale PCM a 16 (o più) bit.

Lo schema semplificato di un modulatore Sigma-Delta è mostrato in figura 2: ad ogni ciclo di clock viene sottratto al campione d'ingresso, proveniente dal *sample & hold*, il campione d'uscita precedente; il risultato prodotto da tale operazione è l'errore di approssimazione generato dal quantizzatore, errore che viene man mano accumulato dall'integratore (che, per sua natura, fornisce in uscita l'integrale del segnale d'ingresso), quantizzato ad 1 bit, confrontato con il nuovo campione d'ingresso e via di questo passo, ciclo dopo ciclo.

Se $x > y$, allora

The delta-sigma digital-to-analog converter uses a negative feedback loop to accumulate the audio waveform. If the input waveform, accumulated over one sampling period, rises above the value accumulated in the negative feedback loop during previous samples, the converter outputs a digital "1." If the waveform falls relative to the accumulated value, a digital "0" is output.

As a result, full positive waveforms will be all 1s. Full negative waveforms will be all 0s. The zero point will be represented by alternating 1s and 0s. Because the instantaneous amplitude of the analog waveform is represented by the density of pulses, the method is sometimes called Pulse Density Modulation (PDM).

Facciamo un esempio chiarificatore: supponiamo che l'uscita del modulatore sia convertita dal DAC nei valori +1 V o -1 V, ed indichiamo con V_1 , V_2 e V_3 rispettivamente le tensioni presenti all'ingresso dell'integratore, del quantizzatore e del DAC nello stesso ciclo di clock (vedi fig. 47).

Possiamo allora costruire una tabella dove sono mostrati i valori V_1 , V_2 e V_3 in cicli successivi, nell'ipotesi che tali tensioni siano nulle all'istante iniziale e che all'ingresso sia presente una tensione costante pari a +0,6 V.

Periodo di clock	V_1	V_2	V_3	Media periodo
0	0	0	0	
1	0,6	0,6	1	
2	-0,4	0,2	1	↑
3	-0,4	-0,2	-1	
4	1,6	1,4	1	0,6
5	-0,4	1,0	1	
6	-0,4	0,6	1	↓
7	-0,4	0,2	1	
8	-0,4	-0,2	-1	

Come si può facilmente notare, le tre tensioni al ciclo 2 sono identiche a quelle al ciclo 7, e quindi se il segnale d'ingresso non cambia il periodo definito dai cicli 2÷6 si ripeterà all'infinito: ebbene, la media degli impulsi d'uscita nei cicli 2÷6 (e nei successivi 7÷11, 12÷16, ecc.) è appunto pari a $(1-1+1+1)/5=0,6$, vale a dire al valore della tensione d'ingresso.

All'uscita del modulatore è quindi presente una sequenza di impulsi che possono assumere solo i valori "alto" e "basso", che oscillano intorno al valore reale del segnale d'ingresso in modo da minimizzare l'errore di approssimazione: in altre parole, la densità degli impulsi "alto" e "basso" è proporzionale all'ampiezza rispettivamente "positiva" o "negativa" del segnale d'ingresso (vedi fig. 3).

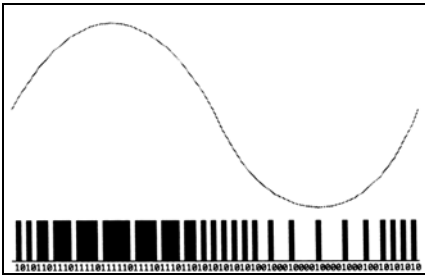


Figura 3

Questo equivale a dire che la media temporale degli impulsi d'uscita coincide, con buona approssimazione, con il segnale d'ingresso originale: di conseguenza, un demodulatore Sigma-Delta può essere semplicemente realizzato con un filtro passa-basso.