

7

Patologia del Segnale Digitale

Classificazione generale degli errori

Nulla a questo mondo è perfetto e il segnale audio pulito non esiste. Da un punto di vista matematico qualunque tipo di deterioramento del segnale può essere visto come rumore additivo. Se $s(t)$ è il segnale buono (quello che vorremo ascoltare) e $u(t)$ quello sporco che ci tocca ascoltare si può scrivere:

$$u(t) = s(t) + [u(t)-s(t)],$$

e il termine tra parentesi quadre è l'**errore**. Questo però è solo un trucco, è meglio fare una classificazione più accurata.

Trasformazione lineare

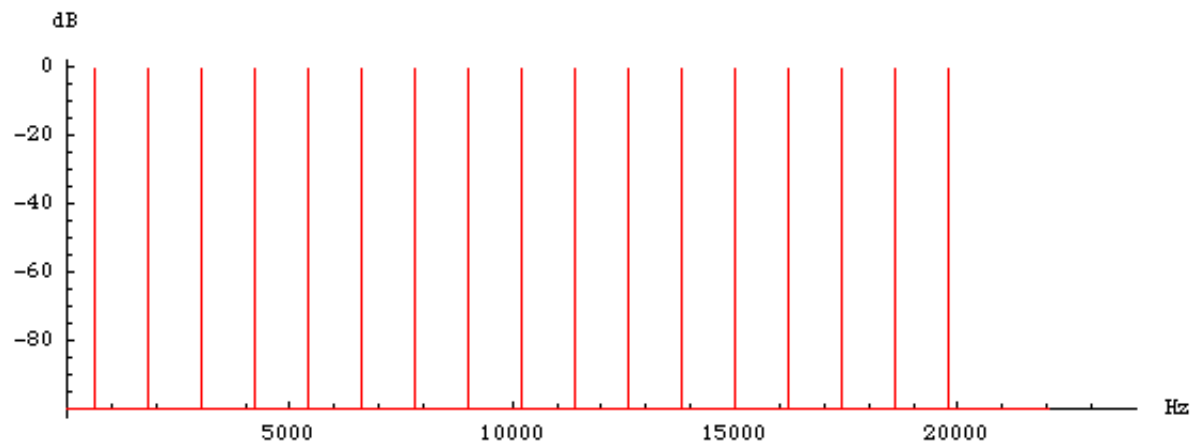
Siano $S(w)$ e $U(w)$ le trasformate di Fourier di $s(t)$ e $u(t)$. Se si può scrivere:

$$U(w) = S(w) F(w)$$

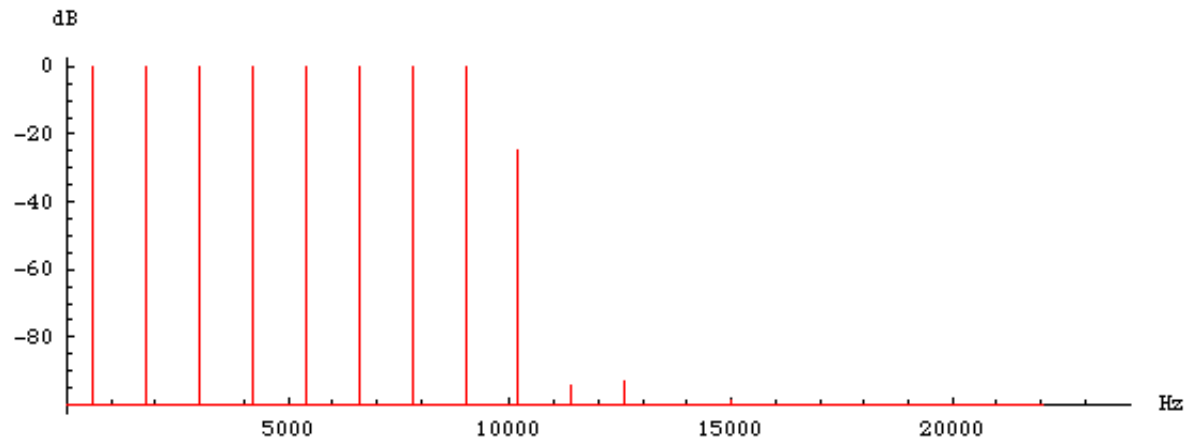
allora l'errore consiste in un trasformazione lineare invariante nel tempo. Si nota che:

- $F(w)$ è la risposta all'impulso del sistema che ha operato la modifica
- per i valori di frequenza dove $F(w)$ non si annulla la trasformazione è reversibile. Tradotto in *audiofilese* questo vuole dire che una attenuazione di **20 dB** si può correggere (per esempio nella equalizzazione **RIAA**) una di **100 dB** no!

Esempi di sistemi che introducono trasformazioni lineari sono i controlli di tono, i filtri crossover, i filtri digitali, i cavi, i convertitori **D/A** e **A/D**, gli amplificatori, le stanze di ascolto. Questo vale solo per sistemi "ideali" in quanto i sistemi reali introducono sempre anche rumore e disturbi non lineari, (per esempio nella stanza può essere presente un aspirapolvere acceso o una suocera).



Un segnale multitono (il nostro segnale “buono”).

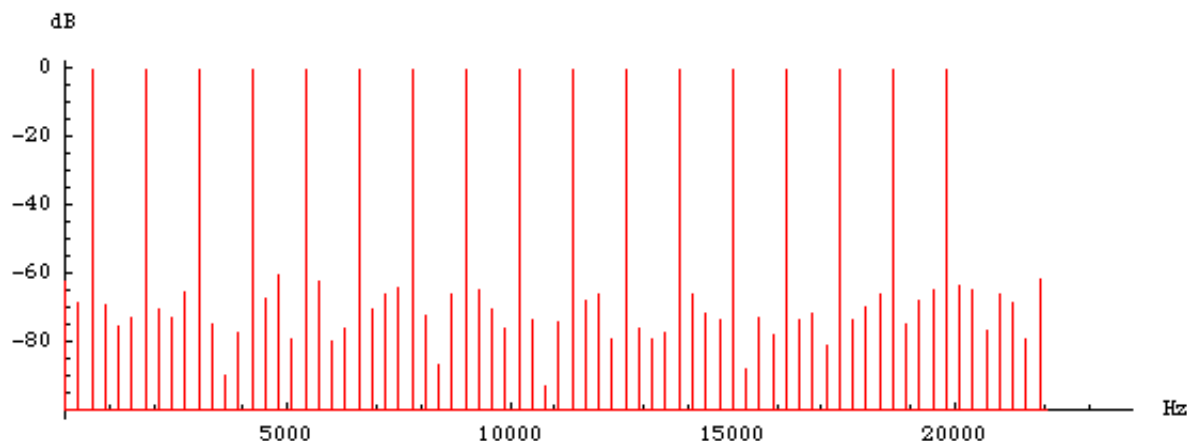


Esempio di trasformazione lineare: un segnale multitono filtrato passa basso. Le frequenze perse non sono recuperabili.

Trasformazione non lineare

Una trasformazione non lineare è una deformazione del segnale buono che non obbedisce alle leggi dei sistemi lineari, tipicamente è correlata con il segnale e si annulla con esso. Di solito questo disturbo è **più** udibile se il segnale buono è ad alto livello.

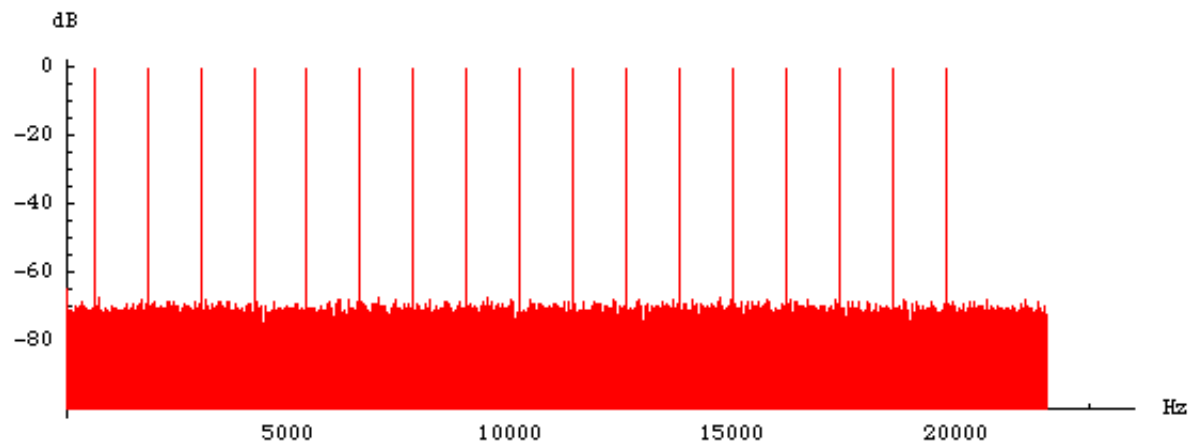
Esempi di trasformazioni non lineari sono il **clipping**, la **distorsione di intermodulazione**, la **distorsione armonica**, l'**errore di aliasing**, l'errore di **quantizzazione**, l'errore dovuto alla **aritmetica finita nei filtri digitali**, le **interazioni deboli**, il **jitter**.



Esempio di trasformazione non lineare: un segnale multitono con errore di discretizzazione (rappresentazione con 12 bit). Anche in questo caso l'informazione persa è persa per sempre, per di più la distorsione si presenta sotto forma di rumore correlato

Errore additivo

Tipicamente l'errore additivo è un rumore scorrelato con il segnale che non si annulla con esso (è quindi **meno** udibile se il segnale buono è ad alto livello). Esempi di questo tipo sono: il rumore termico delle elettroniche, il fruscio dei dischi in vinile, le chiacchiere della suocera presente nella stanza d'ascolto.



Esempio di errore additivo: un segnale multitono con rumore casuale aggiunto. In questo caso il rumore copre il segnale buono ma essendo scorrelato, l'effetto è meno drammatico sul piano psicoacustico.

Componenti neutri e componenti musicali, critici e tranquilli.

Un'altra distinzione meno matematica e più vicina alla pratica è quella tra componenti "intrinsecamente neutri" e componenti "musicali".

I componenti neutri sono quelli che non hanno un loro suono, il loro ideale è di comportarsi come se non esistessero: cavi analogici e digitali, amplificatori, giradischi, bracci, convertitori A/D e D/A, transistor, valvole.

Altri componenti, invece, per la loro natura hanno una personalità che non può essere trascurata. Alla stregua dei violini e dei pianoforti essi hanno il loro suono: ambienti d'ascolto, sistemi di altoparlanti, filtri digitali, filtri analogici, testine fonografiche, trasformatori di uscita, microfoni.

Infine un'ultima distinzione è quella tra componenti critici e componenti non critici. Per esempio il convertitore A/D, il convertitore D/A, i filtri digitali sono componenti critici per cui vale la pena di spendere molto, mentre all'interno di un computer usato come PC-hifi la CPU, la memoria e l'hard-disk determinano quello che si può fare (nel disco piccolo c'entra poca roba) ma non la qualità del segnale trattato.

Possibilità di correzione

Una volta elencati i possibili guai sorge il problema di come trovare i rimedi. Io non condivido l'idea che le apparecchiature che vengono prima nella catena audio siano più importanti di quelle che vengono dopo (volendo fare per forza una gerarchia sarebbe casomai vero il contrario). Per ogni tipo di errore si può impostare un discorso diverso, in ogni caso la parola magica da tenere presente è “**informazione**”.

- Le trasformazioni lineari sono perfettamente reversibili indipendentemente dall'ordine in cui si opera. Da sempre gli equalizzatori **RIAA** equilibrano la risposta a posteriori, mentre i filtri crossover tentano di correggere la risposta degli altoparlanti pur essendo collocati prima di essi nella catena. Per fare ciò è necessario conoscere in anticipo le caratteristiche dei componenti utilizzati, o, al limite, agire (magari in tempo reale) in conseguenza a misure effettuate sul sistema.
- Per le trasformazioni non lineari si può fare molto poco, anche conoscendo bene il fenomeno che ha causato il danno. Ad esempio lavorando sul segnale digitalizzato (il file **WAV**), e cioè molto dopo che il danno è stato fatto, si può tentare di ridurre gli effetti di un clipping addolcendo l'entità dell'appiattimento. In questa categoria di danni pressoché irreversibili rientrano i difetti delle apparecchiature non eccelse. Un componente scadente inserito in una catena di qualità ne abbassa inevitabilmente il livello, indipendentemente dalla sua posizione. Per questo fondamentale è il concetto di **equilibrio**: è inutile spendere **5000** Euro per un giradischi e **1000** Euro per i cavi se poi il potenziometro del volume di un amplificatore integrato da **200** Euro rovina tutto.
- Per il rumore, infine, il discorso è più sfumato. Se un rumore è molto localizzato (per esempio un ronzio a 50Hz o il rumore del motore di un organo) si può eliminarlo anche con ottimi risultati. Per rumori più generici: fruscii a larga banda, crepitii, toc del vinile, ecc. esistono ottimi programmi che permettono di intervenire egregiamente (di solito a posteriori ma talvolta anche in tempo reale) però bisogna rassegnarsi a buttare via anche un po' di "bimbo" insieme all'acqua sporca.

Dopo aver discusso degli errori in generale passiamo a studiare le forme in cui si può presentare il segnale digitale e le patologie di cui può soffrire.

Segnale analogico e conversioni

A parte la musica “sintetica” e i segnali di laboratorio per ottenere un segnale digitale bisogna partire da musica analogica, sia essa una registrazione (prei)-storica o una esecuzione dal vivo. I problemi sull’ “originale” non riguardano strettamente il digitale ma, quando presenti li troviamo poi pari-pari nella registrazione digitalizzata: rumori ambientali, qualità e collocazione dei microfoni, rumore termico, distorsione di non linearità delle apparecchiature analogiche, interazioni deboli (loop di massa, interferenze elettromagnetiche).

Conversione A/D

Il primo passo da fare per ottenere il segnale digitale è quindi la conversione **Analogico-Digitale**. Le caratteristiche di questa sono regolate dei seguenti parametri.

- **filtro (analogico) anti-alias**, come una coperta sempre troppo stretta vi è sempre l’alternativa di buttare via le alte frequenze buone o lasciar passare quelle fuori banda che poi si riflettono in banda audio sotto forma di aliasing.
- **qualità del convertitore**. ogni difetto del convertitore A/D si riflette inevitabilmente in una alterazione del segnale digitale.
- **frequenza di campionamento**, tanto più è elevata tanto meno critico è il filtro antialias e il corrispondente filtro anti-immagine che seguirà la conversione D/A.
- **profondità della parola**, tanto maggiore il numero di bit per campione utilizzati tanto minore è il rumore di quantizzazione. Si noti che oltre una certa profondità (20 bit?) è abbastanza inutile andare sia per la presenza di limiti dei convertitori sia perché il rumore di quantizzazione viene sovrastato dall’ineliminabile rumore termico.

- **livello di jitter sul clock del convertitore.** Se il convertitore è di buona qualità e il clock è generato da un oscillatore di riferimento questo errore è minimo altrimenti si genera una alterazione per sempre irrecuperabile a posteriori.

In genere gli errori di questo tipo sono fatti al momento della registrazione e dell'editing e sono irreversibili.

Conversione D/A

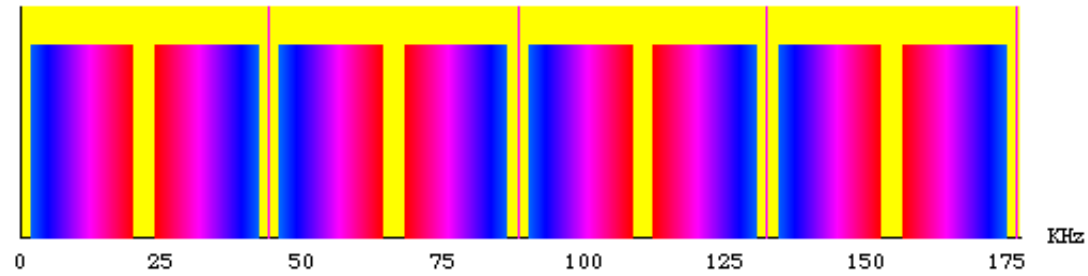
Vediamo ora i principali problemi da cui è affetta la conversione D/A.

- **jitter.** Per *jitter* si intende il fenomeno della irregolarità del clock in un segnale digitale. Come abbiamo già visto se il jitter è scorrelato dal segnale audio il risultato è un aggiunta di rumore casuale che dovrebbe essere poco avvertibile. Se invece il jitter è correlato al segnale si realizza una sorta di modulazione in frequenza con effetti simili a quelli delle interazioni deboli. Perché vi sia questa noiosa correlazione non basta che il clock sia di cattiva qualità ma vi devono essere delle interferenze di qualche genere all'interno dell'apparecchio. Il *jitter* si misura in **nanosecondi** (miliardesimi di secondo), un *jitter* di valore massimo di **22nS** (molto alto per gli standard attuali di qualità) altera la base dei tempi di poco meno di un millesimo del periodo di campionamento.
- **qualità del convertitore** ogni difetto del convertitore DA (non linearità, rumore, distorsione di passaggio per lo zero) si riflette inevitabilmente in una alterazione del segnale analogico.
- **filtraggio digitale**, è forse l'operazione più critica, quella che influenza maggiormente il suono. Il filtro digitale deve rimuovere le immagini della banda audio senza danneggiare la stessa. Il compito del filtro digitale è largamente facilitato dall'oversampling che non serve ad aumentare l'informazione ma a far applicare un filtraggio analogico meno catastrofico. Se l'oversampling è realizzato ad una frequenza multipla di **44100** (2x, 4x,

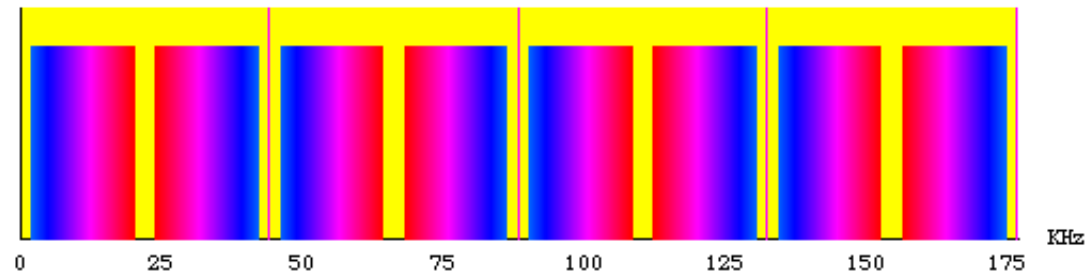
8x) l'informazione dopo l'inserzione di zeri rimane esattamente la stessa: non vi è nessuna alterazione dei dati.

- **filtraggio analogico** serve ad eliminare i residui di immagini che sono sopravvissuti al filtraggio digitale. Le inevitabili rotazioni di fase introdotte da questo componente hanno probabilmente generato la cattiva fama del suono digitale. Se si è effettuato un deciso oversampling il filtraggio analogico può essere molto dolce e privo di conseguenze altrimenti questo punto diviene decisamente critico.

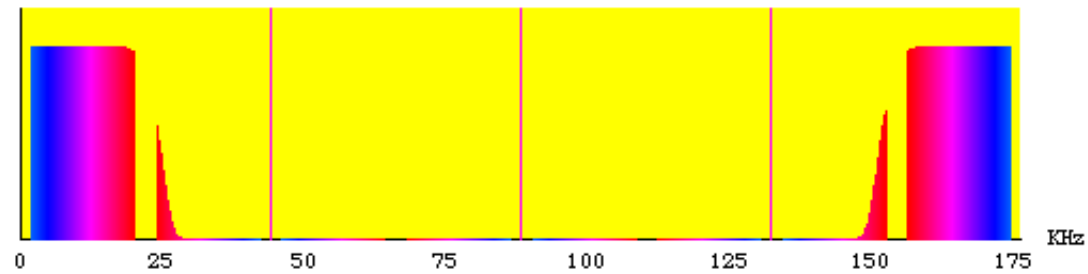
(a) Segnale campionato a 44.1 KHz



(b) Segnale (a) dopo inserzione zeri (oversampling 4x)



(c) Segnale (b) dopo filtraggio digitale



Compito del filtro digitale. (a) spettro del segnale originale; (b) spettro del segnale sovracampionato 4x; (c) spettro del segnale dopo il filtraggio digitale.

Segnale digitale statico

Una volta fatta la conversione **A/D** il segnale digitale può essere subito riconvertito ed ascoltato ma di solito viene memorizzato in una qualche forma “statica”: cassetta **DAT**, **CD Rom**, **Hard-disk**, **memoria RAM**, **nastro VHS** (ormai poco usato), **DVD RAM**. In questo stato il segnale corre i normali rischi di conservazione dei dati (tre cose sono purtroppo inevitabili la **morte**, le **tasse** e la **perdita dei dati**), ma di norma si dovrebbe conservare intatto.

Scrittura

Per ascoltare il segnale su un lettore **CD Audio** bisogna scrivere il supporto, questo può essere fatto in modo professionale dalle case discografiche oppure in modo artigianale con un masterizzatore domestico.

- **stampa CD professionale.** Di solito le apparecchiature usate sono di buona qualità. Nello stampaggio in serie ogni **CD** consta di una parte di informazione (quello che si voleva stampare) e una parte di errori casuali (le imperfezioni e lo sporco), è molto raro che i difetti di stampa non possano venire corretti dalla circuiteria informatica del lettore (salvo i danni causati dagli errori introdotti dalle case discografiche per proteggere il disco dalle copie).
- **masterizzazione domestica** Qui le variabili in gioco sono molte: la qualità della meccanica, quella del supporto, la velocità di scrittura. Anche qui si ha la coesistenza della informazione buona e dei difetti di scrittura. Quando si copia un **CD** originale, o uno masterizzato, se le cose vanno bene i dati restano gli stessi e le imperfezioni variano in maniera casuale; se va male anche i dati cambiano per colpa delle imperfezioni originarie o dei difetti nel processo di copia, **sembra strano ma nulla impedisce che un CD copiato possa addirittura essere migliore dell'originale.**

Lettura

Al momento della lettura del **CD** tutti i nodi vengono al pettine, da una parte le imperfezioni del disco, dall'altra i problemi meccanici del lettore contribuiscono a rendere difficoltosa la ricostruzione.

Se qualche bit viene letto in modo errato ci pensano i controlli di parità a mettere le cose a posto, in caso di gravi problemi si può avere qualche influenza sull'audio.

Può darsi che il superlavoro dei servomeccanismi per seguire una traccia sporca o per ammortizzare le vibrazioni causino un assorbimento di corrente che si ripercuote sul segnale analogico. Questo inconveniente veniva temuto agli albori della tecnica **CD** ed era una delle ragioni per cui sono stati inventati gli stabilizzatori. I lettori di migliore qualità presentano (a torto o a ragione) due o tre alimentazioni separate anche alivello di trasformatore compreso.

Se il clock usato per la conversione viene ricavato attraverso un **PLL** dal segnale del **CD** in lettura e non è presente un buffer intermedio allora le imperfezioni e le vibrazioni possono alterare la base dei tempi e produrre jitter.

Segnale digitale sincrono

Trasporto sincrono

Tipicamente il segnale digitale deve essere esportato dalla apparecchiatura di conversione, fanno eccezione i registratori digitali che memorizzano subito il segnale su di un supporto (**CDR**, **CDRW**, **Nastro**, **Hard-disk**). Esistono numerosi formati per fare viaggiare il segnale lungo un cavo, vediamo i più usati

- **SPDIF** Nelle prove viste nella quarta lezione ho controllato ore di musica operando in automatico e qualche errore l'ho trovato, ma si trattava quasi esclusivamente di perdite di blocchi di dati, dovute verosimilmente al mio stadio di ricezione realizzato con una scheda audio a basso costo. Ascoltatori più capaci di me notano alterazioni del suono imputabili al cavo.
- **AES/EBU** È un formato simile allo SPDIF ma bilanciato (usa i cavi e i connettori XLR professionali) in genere ha meno problemi dello SPDIF.
- **OTTICO (TOSLINK)** secondo le orecchie d'oro suona peggio del collegamento su rame, probabilmente perché per contenere i costi si usano fibre ottiche di scarsa qualità.
- **Word clock** quando le apparecchiature da collegare sono molte conviene avere una di queste che invia il clock di sincronismo a tutte le altre, in questo modo si risolve il problema principale della trasmissione sincrona: il dover ricostruire il clock dal segnale stesso.

Segnale digitale asincrono

Una volta che il segnale digitale viene trattato come dato informatico, esso gode di tutte le protezioni che sono state escogitate per assicurare e il buon funzionamento dei nostri computer. Con apparecchiature funzionanti i file conservano intatti tutti i loro bit e in caso di guasti i file danneggiati possono venire ripristinati dalle copie di backup (che ogni utente sano di mente esegue scrupolosamente). Una caratteristica di questo tipo di elaborazione e memorizzazione è la sua indipendenza dal tempo, i dati hanno un significato come sequenza di byte, svincolati da ogni temporizzazione. Anche il trasporto di dati audio attraverso i vari canali di collegamento (**ATA**, **SerialATA**, **SCSI**) non ne dovrebbe mettere a repentaglio l'integrità (il condizionale è d'obbligo).

Elaborazione offline

Su un segnale memorizzato sotto forma di file si possono fare molte operazioni “creative”: applicazione di filtri, ripulitura digitale, mixaggio, normalizzazione, effetti speciali, **up-sampling**, **down-sampling**, **riquantizzazione**, **conversioni di frequenza**, **noise shaping**, ecc.

Le varie elaborazioni soffrono dei problemi intrinseci dei relativi algoritmi (per esempio se moltiplico tutti i campioni per **0** ottengo solo silenzio) ma non risentono di problemi legati alla qualità del computer o al tipo di linguaggio o scheda audio (**2+2** di solito fa **4** su tutte le macchine, indipendentemente dal prezzo e dalla qualità costruttiva).

Elaborazione in tempo reale

Le elaborazioni in tempo reale avvengono sul computer contemporaneamente ad un'acquisizione di segnale digitale o alla riproduzione di un file. Dal punto di vista

informatico vale quanto detto al punto precedente ma il vincolo ulteriore del tempo reale può causare perdita di blocchi di dati se la macchina che usiamo non riesce a stare dietro ai compiti ad essa assegnati. Le macchine moderne non dovrebbero avere problemi a lavorare in real time su due (o sei) canali contemporaneamente. Sorgono anche problemi di latenza (ritardi) che però interessano principalmente gli utenti professionali.

Lettura da CDR dati

Questo è un procedimento puramente informatico con risultato binario, se vi sono problemi (disco o file rovinati) in genere ce ne accorgiamo. Se il file viene letto dovrebbe essere intatto. Non essendovi clock non può essere generato, peggiorato o migliorato il jitter.

Lettura da CD-audio (ripping).

Questo è uno dei problemi più difficili dall'audio al computer. Ne abbiamo già trattato nel numero di marzo. Qui ricordiamo che per fare un buon ripping ci vuole una **CPU** potente, un lettore buono e ben tarato e un programma di lettura scritto bene. In alternativa, usando un lettore **CD** con uscita **SPDIF** e una scheda **PC** con il corrispondente ingresso, si può registrare in digitale e poi scomporre il file, questa soluzione sposta i problemi dal lettore del **PC** al sistema: lettore audio - trasmettitore **SPDIF** - ricevitore **SPDIF**.

Masterizzazione da Wav a CD R

Anche questo è un procedimento puramente informatico che non dovrebbe dare corruzione o perdita di dati parziale. Quello che può capitare è che la masterizzazione venga male o che il disco si rovini successivamente ma in questo caso si perde TUTTO il file, per stare al sicuro basta averne più copie.

Masterizzazione da Wav a CD Audio

In questo caso la scrittura è un procedimento puramente informatico ma la lettura ricade nella situazione vista precedentemente. Il **CD audio** risultante non può essere privo di difetti e la loro entità determina la qualità dell'ascolto. I masterizzatori migliori prevedono particolari accorgimenti per ottenere **CDR** audio di buona qualità. Bisogna anche evitare le tecniche burn-proof che inseriscono disturbi in caso di **buffer-underflow**: meglio buttare un disco che inciderlo male.

Raccogliendo un po' di impressioni si è notato che all'ascolto le copie masterizzate su **CDR** possono essere migliori dell'originale, talvolta peggiori, spesso equivalenti. Queste differenze sono però più un sintomo del livello qualitativo del player usato. Sulle macchine buone le differenze in genere sono poco o punto avvertibili.

I rimedi

I problemi sono molti, vorrei però sottolineare che l'esistenza di un problema non vuole dire necessariamente che questo sia significativo. Molti dei problemi accennati sono facilmente risolvibili anche su apparecchiature alla portata di tutti, altri necessitano di soluzioni più costose, chiaramente i parametri di giudizio variano con le esigenze e le capacità degli ascoltatori. Forse il principale vantaggio dell'audio digitale rispetto a quello analogico è la maggiore facilità di raggiungere standard accettabili a prezzo modico. Rigirando la frittata forse il maggiore fascino dell'analogico consiste nella fatica e nelle spese a cui si va incontro per ottenere un risultato eccellente. Tra un **CD** walkman da **100** Euro e un giradischi da **100** Euro (li ho visti, sono di plastica e pesano meno di un chilo) vince nettamente il **CD**, ma dubito che un felice possessore di un giradischi da oltre **5000** Euro lo cambierebbe con un lettore di CD di prezzo equivalente.

Nel seguito, per separare i fatti oggettivi dalle mie opinioni personali. queste ultime sono scritte in corsivo.

Châssis e parti meccaniche

La prima cosa che si nota di un lettore **CD** è lo châssis (*la scatola*), a parte gli aspetti estetici come la qualità delle finiture o quelli psicologici (“Com’è bello! ho speso bene i miei soldi!”, “Questo qui piace anche a mia moglie!”). la costruzione meccanica di un lettore e la sua collocazione fisica possono influenzare il processo di lettura.

Vibrazioni. Per come è strutturata l’acquisizione dei dati digitali le vibrazioni del disco causano l’intervento dei servomeccanismi che devono seguire la traccia incisa. Le variazioni della velocità del motore (che a loro volta sono determinate da come sono incisi i dati) si riflettono sulla regolarità della base dei tempi dello stream digitale in uscita dal gruppo di lettura. Per migliorare questi parametri è necessario che la meccanica sia solida, con accorgimenti per evitare eccessive vibrazioni del disco; che il motore non sia rumoroso e che il tutto sia progettato in modo da scaricare e/o dissipare l’energia prodotta internamente. *La presenza di una buona meccanica può essere anche grossolanamente valutata ad occhio guardando la foto dell’apparecchio aperto.*

Interferenze elettromagnetiche. Come per tutte le apparecchiature elettriche vi possono essere interferenze elettromagnetiche e captazione di disturbi esterni; anche la cura di questo problema consiste in buone schermature dei vari componenti e di tutto l’insieme e in una accurata cablatura. *Anche questo fattore può essere facilmente valutato ad occhio. Chiaramente senza le misure in laboratorio è impossibile vedere se i loop di massa sono stati evitati ma se gli schermi ci sono si vede subito.*

Basi e supporti speciali. Si può cercare di fissare il componente in modo rigido ad un supporto o di interporre materiale smorzante o infine di isolarlo il più possibile (molle ad aria o magnetiche). Se l’apparecchio è di buona qualità dovrebbe essere abbastanza insensibile al tipo di collocazione. *Difficilmente un CD player verrà fatto funzionare su una lavatrice in centrifuga, a me sembra che sia più importante scaricare all’esterno le vibrazioni interne con*

una pesante base smorzante che non isola l'apparecchiatura dall'ambiente, ma questo si può valutare solo all'ascolto.

Globalmente un buon parametro di stima della costruzione meccanica è il peso. Senza voler togliere nulla agli altri lettori, non si può fare a meno di ammirare la costruzione della "corazzata" Teac VRDS 25 un mostro da 16 chili con tre diverse sezioni separate e schermate.



TEAC VRDS 25

Alimentazione

In qualunque apparecchiatura elettronica l'alimentazione è una componente molto critica anche se spesso la sua importanza viene trascurata. In un lettore CD questa importanza è moltiplicata per quattro in quanto vi sono svariati apparati da alimentare, ognuno con la sue caratteristiche.

- **La sezione analogica di uscita.** Gli esperti di elettronica ci insegnano che in un circuito analogico la qualità dell'alimentazione influenza direttamente il segnale in uscita. Il livello dell'alimentatore della parte analogica deve essere lo stesso adatto per un preamplificatore di pari livello e anche i problemi che si pongono e le soluzioni da adottare sono più o meno gli stessi.
- **Il convertitore e il master clock** È fondamentale che questa alimentazione sia stabile e priva di disturbi. Uno dei pochi modi in cui si può produrre jitter correlato (l'unico con effetti udibili) è andando a modulare l'alimentazione del master clock. Nel testo di Watkinson citato nell'incorniciato si suggerisce di alimentare le apparecchiature digitali con una alimentazione switching alla stessa frequenza del clock eliminando ogni possibile modulazione dovuta alla frequenza di rete (pag. 214) .
- **L'unità di lettura.** È importante che questa alimentazione sia stabile ed adeguata, bisogna evitare che i picchi di assorbimento dei servomeccanismi che inseguono la traccia modulino l'alimentazione del clock e della parte analogica.
- **L'elettronica digitale dei controllo logico.** Come in un computer questa parte non è di per se critica, bisogna evitare però che le spurie dovute alla commutazione ce le ritroviamo poi sul segnale in uscita.

Un buon parametro di misura è il numero dei trasformatori di alimentazione e la loro dimensione; tanto per andarci ad occhio sarebbe bene che l'alimentazione di un lettore CD fosse di pari "tonnellaggio" di quella del preamplificatore a cui verrà accoppiato

Unità di lettura

Anche qui i parametri da curare sono ovvi: robustezza, durata nel tempo, accuratezza di lettura, *è meglio usare le pressofusioni di alluminio che la plastica!*

Molte sono le soluzioni adottate per migliorare la stabilità del processo di lettura:

- clamping del disco (Teac)
- lettura del disco rovesciato (Pioneer)
- movimento del gruppo disco motore invece che del gruppo ottico (Sony)
- caricamento manuale dall'alto con blocca-disco anch'esso da inserire manualmente

E difficile fare una gerarchia ognuna di queste scelte può dare ottimi risultati se implementata degnamente.

Per alcuni le unità di lettura per PC sono più affidabili di quelle per uso audio, la cosa non è evidente ma non è evidente neppure il contrario. *Certamente chi adotta tale soluzione deve effettuare una buona selezione sia sul modello scelto sia all'interno degli stock di produzione dello stesso modello (più o meno come si fa con le valvole).*

Recentemente è stato posto il problema se le meccaniche per PC siano in grado di leggere i dischi protetti. La risposta dipende da come è stata implementata la logica di controllo e dal tipo di protezione (*su cui non si può affermare nulla visto che questi dischi argentati non sono CD audio perché non rispettano lo standard*),

Conversione D/A

Vi sono molte possibili scelte progettuali per la conversione. Nessuna tecnica è a priori peggiore delle altre anche se con certe scelte, sulla carta più “pulite”, è più facile ed economico ottenere risultati di qualità.

- **buffer tampone.** L’inserzione di una memoria di buona capacità tra unità di lettura e unità di conversione permette di svincolare quasi completamente il clock di conversione dai problemi meccanici del disco. Una volta questo era praticamente impossibile e tutto il sistema CD era stato progettato per funzionare in modo sincrono e con poca logica di controllo (*pensate alla data di progetto e al costo dei computer di allora*) oggi questa soluzione è facilmente implementabile e ormai comune, almeno sui portatili dove il lettore deve essere insensibile ai saltelli di chi fa jogging ascoltando la musica.
- **reclocking.** Alcuni costruttori interpongono un filtro poliphase con funzione di convertitore di frequenza per svincolare dinamicamente il clock del convertitore dal quello dello stream in uscita dall’unità di lettura. *Questa soluzione è più economica della precedente (esistono integratini che fanno tutto) e può essere adottata sia con rapporto di frequenze unitario, sia per ottenere in uscita in fatidici 96 Khz che vanno tanto di moda e che permettono di riciclare le unità di conversione usate per i DVD video. L’unico modo per sapere se così quello che si guadagna sul jitter lo si perde sull’integrità del segnale (che viene, in pratica, interpolato e ricampionato) è un accurato ascolto delle singole apparecchiature.*
- **oversampling** Un oversampling di un fattore intero (2x, 4x, 8x, anche 64x se poi la conversione è a 1 bit) è senza ombra di dubbio la soluzione più semplice e naturale per ottenere il meglio dal convertitore e sfruttare tutta l’informazione contenuta nel CD, senza alterare in alcun modo il segnale originale.

- **conversione multibit** La classica conversione multibit ha problemi di distorsione da passaggio per lo zero che vengono curati con vari accorgimenti, spesso basati sull'uso di più convertitori opportunamente accoppiati.
- **conversione ad 1 bit.** La conversione a 1 bit (in genere con elevato oversampling e applicazione di un deciso noise-shaping) è la più consigliata nelle apparecchiature a basso costo (è più facile ottenere risultati decenti risparmiando all'osso). Per realizzazioni allo stato dell'arte può combattere alla pari con la tecnica multibit *Il risultato della gara va visto caso per caso e dipende spesso dai gusti degli arbitri.*
- **filtraggio digitale** È il principale artefice del suono del CD (*le apparecchiature con più di un filtro digitale permettono di toccare con mano questa realtà*). La cosa più interessante è che a parità di numero di “tappe” (i coefficienti usati nel filtro) e trascurando eventuali royalties sui brevetti, un filtro buono e uno cattivo costano lo stesso.
- **HDCD** è un filtraggio digitale custom unito ad una codifica di ulteriori informazioni (sotto forma di dithering “intelligente”) negli speciali CD di questo tipo. Perfettamente compatibile anche con i dischi normali questa soluzione fornisce in genere prestazioni di altissimo livello, anche perché viene adottata solo su macchine di elevata qualità.
- **elaborazione nel dominio del tempo.** Alcuni, invece del filtro digitale usano dei DSP per effettuare elaborazioni dirette sul segnale. Questa soluzione è usata in macchine top e di solito si accompagna a prestazioni eccezionalmente buone. *Dal punto di vista matematico è dubbio che in questo modo si possano ottenere risultati diversi da quelli ottenibili con un classico oversampling seguito da un filtraggio digitale che realizzi un algoritmo equivalente.*

Uscita analogica

La parte analogica deve essere di livello adeguato al preamplificatore che segue, (in certe apparecchiature è presente un controllo di volume e il CD player è quindi anche un preamplificatore). I problemi sono gli stessi di un pre-phono: il segnale va filtrato (*il filtraggio anti-alias non è meno impegnativo dell'equalizzazione RIAA*), amplificato e bufferizzato. Rispetto al pre-phono vi è il vantaggio di avere segnali a livello più alto ma l'influenza sul suono finale è la stessa *È questa parte del lettore CD la vera carta vincente delle apparecchiature di pregio, se un pre-phono top può costare 10.000 Euro si capisce come uno stadio analogico di uscita per CD allo stato dell'arte sia possibile solo in lettori o convertitori molto costosi.*

Soluzioni a più telai

Come per gli amplificatori anche per i CD player vanno molto di moda, per le installazioni top, le soluzioni a due o più telai, tipicamente separando la meccanica di lettura dal convertitore e talvolta interponendo unità di reclocking o comunque di “vitaminizzazione” del segnale. A parte l’indubbia maggiore imponenza e soddisfazione estetica, quali vantaggi porta la soluzione unità di lettura + convertitore rispetto a quella integrata?

Prima di rispondere bisogna considerare che tale soluzione è nata agli inizi del digitale quando i buoni convertitori costavano moltissimo e si prevedeva che in un impianto vi sarebbe stata più di una sorgente digitale. Ora i prezzi dei convertitori sono scesi, il **DAT** per uso amatoriale è morto, la radio digitale non è ancora diffusa e i lettori ad alta definizione **DVD-A** e **SACD** (per motivi di copyright) non prevedono un’uscita digitale. Io vedo i seguenti pro e contro a questa soluzione.

Pro

- Le alimentazioni sono ben distinte
- Vi è la possibilità di provare svariate combinazioni anche tra oggetti di costruttori diversi, fino a trovare il suono che piace tanto.
- Vi è la possibilità di inserire apparecchiature intermedie o di giocare con i cavi.
- Vi è la possibilità di migliorare un impianto preesistente sostituendo l'uno o l'altro componente
- Vi è la possibilità di collegare ad un convertitore di elevata qualità le altre sorgenti digitale presenti nell'impianto ([Hi-Fi PC](#), [DVD video](#) con uscita [PCM](#), ecc.).
- Un convertitore con un ricevitore ben fatto può migliorare il jitter di una unità di lettura scadente.

Contro

- A meno che il collegamento non sia effettuato con apparecchiature speciali che mantengono il clock separato dal segnale si aggiunge all'impianto quello che è probabilmente è il gruppo di stadi più critico di tutta la catena di lettura: un trasmettitore SPDIF o AES/EBU, un cavo di collegamento coassiale o ottico, un ricevitore. *Io non perdo certo il sonno per il jitter ma inserire tre stadi inutili e critici invece di investire gli stessi soldi per migliorare l'apparecchiatura è un modo sicuro per aumentarle questo inconveniente.*
- Se si usa un collegamento custom o cavi ottici speciali si diminuiscono i rischi di jitter ma si aumenta ulteriormente il costo.
- Si viola il principio minimalista di evitare inutili elaborazioni del segnale.
- *Mi piacciono di più le soluzioni integrate con alimentazione separata oppure i lettori CD con ingresso digitale per usare il convertitore interno con altre sorgenti.*

Riassumendo, secondo la mia modesta opinione, questa soluzione ha senso solo se il convertitore separato è di qualità elevatissima e il costo aggiuntivo non rappresenta un problema.

Conclusioni

Per concludere vediamo alcune considerazioni finali, abbastanza personali.

Accessori. *A me non piacciono gli accessori, spesso con quello che si spende per questi si potrebbero comprare apparecchiature di migliore qualità. Regola generale: confrontare il suono di una macchina più gli accessori con configurazioni semplici di pari prezzo complessivo e decidere di conseguenza. Per esempio un cavo digitale buono migliora certamente il suono ma, se mi decido a spendere 500 Euro per un cavo SPDIF da inserire tra due telai, DEVO sentire con le mie orecchie il miglioramento rispetto a un cavo da 10 Euro e un convertitore migliore o rispetto ad una soluzione mono-telaio di pari costo complessivo .*

Autocostruzione Pratica abbastanza comune per gli apparecchi a valvole e le casse, è difficile per gli apparecchi digitali, possibile solo per i più esperti e comunque acquistando già montate le parti più critiche.

Upgrading Nulla da eccepire per quelli consigliati dalla casa e fatti in laboratori autorizzati (il fatto che sia possibile è indice di serietà della ditta e aumenta la durata dei vostri investimenti). Gli upgrading non standard sono consigliabili solo a coloro che sanno bene quello che fanno; in alternativa ci si può rivolgere ad un laboratorio di fiducia. *Se provassi io a fare saldature su una scheda digitale brucerei tutto.*

Usato Per questo tipo di apparecchiature l'usato non è non troppo consigliabile soprattutto per il veloce miglioramento della qualità delle elettroniche in commercio. Può valerne la pena solo ai due estremi : super-economico (si rischia poco), top-level (se ci si fida del venditore si possono fare ottimi affari). Attenzione ai prezzi, prima di comprare è meglio seguire per un po' apparecchi simili (per esempio su e-bay) per vedere l'andamento del mercato.

Publicità diffidare dalla pubblicità tipo detersivo o pasta per dentiere, non scegliere un lettore (o una qualunque altra apparecchiatura) per una sola caratteristica, *difficilmente un particolare apparecchio rappresenta un rottura totale con tutti gli altri e spesso la ricerca della novità a tutti i costi è solo un peggioramento rispetto a strade ben battute e prive di rischi.*