

Virtù, vizi, pregi e difetti nella percezione della musica

ASDA e Lissajous si sono rivelati sistemi validi per identificare le qualità di una registrazione (tanto che a SUONO stanno meditando di inserire stabilmente questi test nell'analisi dei programmi musicali) ma risultano indicazioni del tutto effimere se non vengono inserite all'interno della catena di riproduzione. Catena che inizia con il nostro orecchio e finisce con l'ambiente dove avviene la riproduzione...

(IV parte)

di **Mario Bon**
(resp. tecnico Opera Loudspeakers)

Possiamo cominciare a tirare le somme di questo lungo studio condotto su 612 tracce estratte da CD di vari generi musicali (molte altre analisi effettuate non sono state inserite in questi articoli ma contribuiscono alle considerazioni finali). I grafici 1 e 2 rappresentano i valori di massima modulazione (MMR – vedi box) e di fattore di cresta (CF – vedi box) riscontrati per le tracce analizzate. Per quanto riguarda la massima modulazione, circa un terzo delle tracce risultano saturate o limitate. Il valore di modulazione minimo è stato trovato su una traccia dei *Carmina Burana* (poco più di 900 su 32767). Per quanto riguarda il fattore di cresta solo 20 tracce presentano un CF minore di 4 (e 12 di queste provengono dallo stesso CD). Circa la metà delle tracce analizzate presenta CF maggiore di 8 (circa metà delle tracce sono di musica pop). Tanto per fissare le idee definiamo una classificazione (del tutto arbitraria) del fattore di cresta, in modo che il valore 14.14 (arrotondato a 14) sia lo spartiacque tra i valori considerati alti e quelli considerati bassi (tabella 3). L'ASDA e le figure di Lissajous forniscono informazioni interessanti che riguardano prima di tutto la presenza di saturazioni o limitazioni, il bilanciamento dell'immagine stereofonica e anche la presenza di compressione.

Almeno le tracce utilizzate per i test di ascolto critico dovrebbero essere sottoposte a queste

analisi in modo che il giudizio riguardi la qualità delle apparecchiature e non il modo in cui la catena di riproduzione reagisce ai segnali saturati.

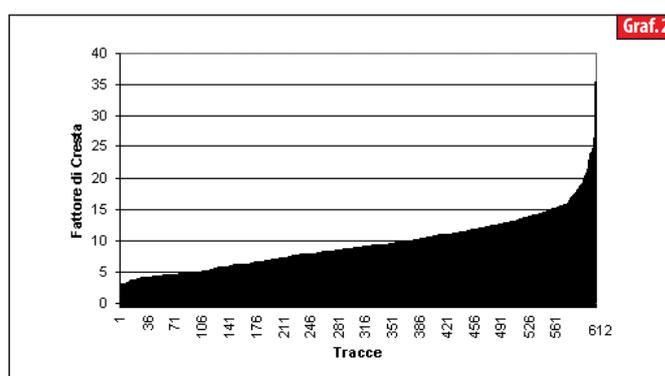
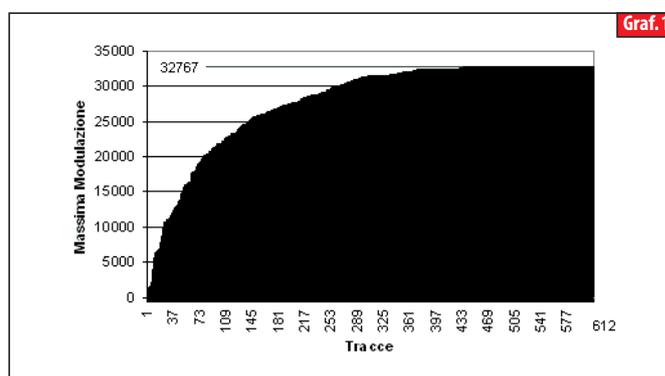
I segnali utilizzati come stimoli nei test (elettroniche e diffusori acustici) presentano fattori di cresta che sono da 7 a 20 volte più bassi rispetto ai CF incontrati nelle tracce migliori: questi stimoli non rappresentano le effettive condizioni d'uso delle apparecchiature hi-fi!

Qualche considerazione andrebbe fatta poi anche su quei tweeter con cupola rigida che presentano vistose risonanze all'estremo della banda audio, che possono esaltare le qualità negative dei segnali saturati presenti nei CD.

Osservando gli spettri delle tracce analizzate trovano conferma le indicazioni già note che riportano un probabile calo energetico alle basse frequenze sotto i 100 Hz per la musica classica e sotto i 40-60 Hz per la musica moderna. Per quanto riguarda le frequenze medie e alte il contenuto energetico è spesso più elevato delle attese. Queste considerazioni interessano in particolare i progettisti di diffusori acustici che devono tenere conto del lavoro cui sono sottoposti gli altoparlanti e, forse in misura minore, anche i progettisti di elettroniche.

Abbiamo anche visto che i picchi del segnale musicale, nelle buone registrazioni, durano complessivamente frazioni di secondo:

Il test di ascolto ha indicato che le saturazioni brevi, che si manifestano come eventi isolati nel contesto della riproduzione di un



brano musicale, non sono udibili.

Lo diventano se è data all'apparato uditivo la possibilità di eseguire confronti in commutazione rapida. Per quanto riguarda la distanza temporale tra una saturazione e l'altra questa dovrebbe essere maggiore del tempo di integrazione dell'orecchio. È stato infatti dimostrato che la maggiore sensibilità dell'apparato uditivo nella banda compresa tra 3 e 5 kHz è dovuta alla ripetizione dello stesso messaggio sonoro durante l'intervallo di integrazione (50-100 millisecondi). Se un messaggio "sba-

gliato" non viene ripetuto la probabilità di percepirlo è piccola! Questo richiede che l'amplificatore non "prolungi" lo stato di saturazione cui è sottoposto e recuperi immediatamente la condizione di funzionamento lineare non appena il segnale diminuisce di ampiezza.

PESA PIÙ UN CHILO DI PAGLIA...

Riprendiamo le considerazioni con cui abbiamo aperto questa serie di articoli e a cui torniamo non solo per un'ideale chiusa ma perché, effettivamente, la riproduzione sonora presenta aspetti che si

Tabella 3 Possibile classificazione delle tracce in funzione del fattore di cresta. Tanto più basso è il fattore di cresta tanto migliore è la qualità del segnale.

Fattore di Cresta	Qualità della traccia
meno di 7	molto basso
da 7 a 14	basso
14	medio
da 14 a 28	alto
oltre 28	altissimo

Tabella 4 Caratteristiche generali di un amplificatore a valvole e di uno allo stato solido.

AMPLIFICATORE A VALVOLE

- funziona generalmente in classe A (pochi in classe AB)
- la banda passante è limitata (trasformatore di uscita)
- "stonda" anziché "tosare" (la distorsione armonica cresce progressivamente con l'ampiezza del segnale)
- è poco controeazionato (distorsione armonica alta, intermodulazione dinamica bassa)
- non è protetto

AMPLIFICATORE ALLO STATO SOLIDO

- funziona in classe AB (raramente in classe A pura)
- la banda passante supera 20 kHz
- satura in modo netto (la distorsione armonica rimane bassa fino alla saturazione e poi cresce velocemente)
- è abbondantemente controeazionato (distorsione armonica bassa, intermodulazione dinamica alta)
- è protetto (in tensione, in corrente o entrambe)

Grafico 1 • Valori di massima modulazione riscontrati nel nostro studio.

Grafico 2 • Valori di CF riscontrati nel nostro studio.

Figura 7 • Una traccia con CF prossimo a 12 (11.46 e 12.79). La linea blu (traccia SX) indica il 35% della MMR. Questa linea indica il livello a cui viene saturato il segnale da un amplificatore da 25 Watt per produrre 88-91 dB a un metro (a seconda della sensibilità del diffusore acustico utilizzato).

Tabella 5 SPL a un metro con 25 Watt RMS in funzione di CF e della sensibilità dei diffusori.

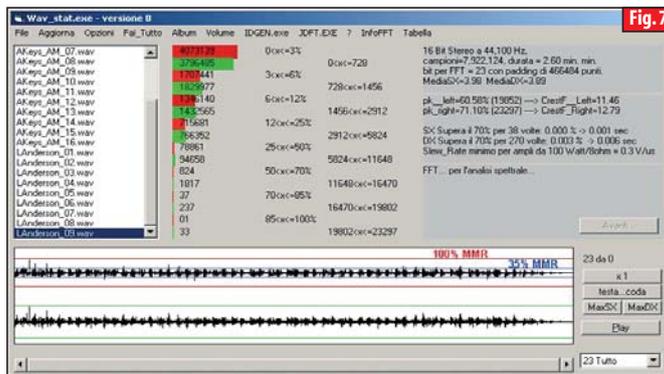
CF	CF in dB	Potenza dell'amplificatore in Watt RMS su 8 Ohm	SPL RMS a 1 metro (diffusori da 90 dB)	SPL RMS a 1 metro (diffusori da 87 dB)
26	28.3	25	78.68 dB	75.68 dB
24	27.60	25	79.34 dB	76.34 dB
20	26.0	25	80.96 dB	77.96 dB
15	23.52	25	83.44 dB	80.44 dB
14.14	23.00	25	84.00 dB	81.00 dB
12	21.58	25	85.36 dB	82.36 dB
10	20.00	25	87.00 dB	84.00 dB
7.06	16.97	25	90 dB	87 dB
4	14.96	25	94.94 dB	91.94 dB

Tabella 6 Livello di saturazione raggiunto in funzione della potenza disponibile e della sensibilità dei diffusori per CF=12.

Sensibilità dei diffusori in dB a 1 m con 2.83 Volt RMS	SPL richiesto a 1 metro in dB	Potenza dell'amplificatore in Watt RMS su 8 Ohm	Massima Tensione sul carico in Volt	Livello di saturazione in % della MMR
90	88.41	25	20	50
90	88.41	50	28.2	70
90	88.41	100	40	100 (non satura)
87	88.41	25	20	35
87	88.41	50	28.2	49
87	88.41	100	40	70

legano gli uni agli altri nei vari passaggi e anelli della catena e la comprensione della loro rilevanza non può essere valutata separatamente. Tornando dunque all'eterna diatriba tra amplificazioni a stato solido e/o a valvole, non potendo certo analizzare o confrontare tra loro tutti i tipi ed i modelli di amplificatori presenti sul mercato, possiamo però confrontare (vedi **tabella 4**) le caratteristiche generali di un amplificatore a valvole e di uno allo stato solido ricordando che esistono una moltitudine di amplificatori che utilizzano le più svariate topologie circuitali (SUONO, n. 409 - ottobre 2007 pag. 57).

Considerato che, nelle tracce migliori, il segnale spende la maggior parte del tempo nell'intorno del passaggio per lo zero (sotto il 3% della MMR) la linearità in questa zona è più importante della massima potenza istantanea: la prima riguarda un'ampia percentuale del tempo; la seconda, frazioni di secondo o millisecondi (e ciò favorirebbe gli amplificatori in classe A!). Le registrazioni di bassa qualità però possono trarre giovamento da un amplificatore con



banda passante limitata (e un tweeter a cupola morbida) che attenua le componenti in alta frequenza prodotte dalle saturazioni: il trasformatore di uscita, presente negli amplificatori a valvole, agisce come un filtro passa banda! L'effetto di una controeazione elevata, inoltre, si combina con gli effetti (negativi) delle protezioni, soprattutto quando un amplificatore allo stato solido satura... Abbiamo visto, analizzando il segnale musicale, che l'amplificatore, specie se la potenza è inferiore a 100 Watt, "deve" saturare frequentemente: se l'amplificatore è

protetto da un circuito che limita la massima tensione sul carico, questo interverrà proprio quando l'amplificatore è prossimo alla saturazione spegnendo i dispositivi di uscita. In coincidenza con i picchi del segnale è probabile che le protezioni spengano i dispositivi di uscita per un certo tempo (dipendente dalla costante di tempo propria di questi circuiti stessi che deve essere veloce nell'intervento e lenta nel rilascio). Questo aumenta il tempo necessario all'amplificatore per recuperare il funzionamento lineare. Se le saturazioni si susseguono velocemente i dispositivi di

uscita verranno spenti e riaccesi di continuo: questo non vale per gli amplificatori a valvole che non hanno protezioni e non soffrono di questi effetti/difetti.

D'altronde tutti i test di laboratorio danno l'amplificatore allo stato solido vincente su quello a valvole: meno distorsione, fattore di smorzamento più elevato, maggiore potenza, banda passante più estesa, ecc. Ma i test si fermano al clipping: nessun test va ad indagare cosa succede durante una saturazione profonda per misurare, per esempio, quanto dura. Alla fine dunque l'amplificatore a valvole risulta, nel complesso, più adatto per riprodurre in modo "gradevole" quello che ci troviamo per le mani. Attenzione, "gradevole" non significa meglio e non si è nemmeno detto "con qualsiasi genere musicale" o "con qualsiasi registrazione". Questo dipende (in ordine casuale):

- dalle caratteristiche del segnale musicale
- dalle peculiarità del nostro sistema uditivo
- dalla struttura dell'amplificatore a valvole

Parlato e telefonia

Sempre a proposito dell'udibilità delle saturazioni brevi va osservato come certe caratteristiche dell'apparato uditivo siano sfruttate, da molti anni, in telefonia.

I convertitori A/D usati in telefonia hanno una caratteristica non lineare che riesce a mantenere intelligibilità del messaggio e rapporto segnale/rumore su livelli accettabili. Questa soluzione è stata resa possibile da alcune osservazioni:

- il segnale telefonico (parlato) assume, per la maggior parte del tempo, valori nell'intorno dello zero
- i picchi di segnale (parlato) sono brevi
- l'orecchio dimostra scarsa capacità di seguire i picchi improvvisi del segnale
- il rumore di quantizzazione per grandi segnali quantizzati a 6 bit è analogo al rumore di quantizzazione per piccoli segnali quantizzati a 12 bit

Va ricordato che la banda passante della linea telefonica va da 300 a 3400 Hz (mancano quindi le prime due ottave in basso ma comprende un buon numero di armoniche verso l'alto) ed è campionata a 8 kHz. Il convertitore A/D utilizzato in telefonia ha 8 bit (256 livelli da -127 a +127) ma l'incremento tra un bit ed il successivo non è costante: i bit meno significativi corrispondono ad

una quantizzazione a 12 bit mentre i bit più significativi corrispondono ad una quantizzazione a 6 bit. Questo tipo di convertitore segue fedelmente il segnale nell'intorno dello zero grazie a piccoli incrementi e approssima i picchi in modo grossolano: in pratica agisce come un compressore di dinamica. In questo modo si ottiene l'intelligibilità tipica con una conversione a 12 bit con soli 8 bit effettivi (F.R. Condor, *Modulazione*, F. Marzio editore, pag. 78). La trasmissione del parlato è stata migliorata approssimando i picchi del segnale, il che conferma che l'apparato uditivo non è particolarmente sensibile a questo aspetto del segnale. Prima dell'introduzione del CD la BBC inglese sperimentò un convertitore non lineare a 12 bit che, si dice, avesse dato ottimi risultati (citato anche da Ivor Tiefenbrun nell'intervista concessa a SUONO - dicembre 2007, pag 13). Si trattava di un convertitore per telefonia con quattro bit in più (nulla di particolarmente originale). In seguito la Philips e la Sony si accordarono per adottare, nel formato CD, una conversione lineare a 16 bit (di cui il 12 bit non lineare sarebbe stato l'equivalente "approssimato"). La scelta di Sony e Philips di orientarsi su un dis-

volume e facciamolo funzionare senza saturare..."; il fatto è che abbassando il volume non si sente più la musica e il cane si morde la coda. La **tabella 5** riporta i valori di SPL ottenibili con un amplificatore da 25 Watt in funzione del fattore di cresta del segnale (prima del clipping). La **tabella 6** è forse ancor più significativa perché indica il livello di saturazione che subisce il segnale in funzione della potenza dell'amplificatore per un segnale con CF=12. Come si vede, per ottenere 88 dB di SPL in ambiente, senza incorrere in saturazioni con diffusori da 90 dB di sensibilità, è richiesto un amplificatore da 100 Watt RMS su 8 Ohm. A parità di SPL un amplificatore da 25 Watt si troverà a saturare al 50% della

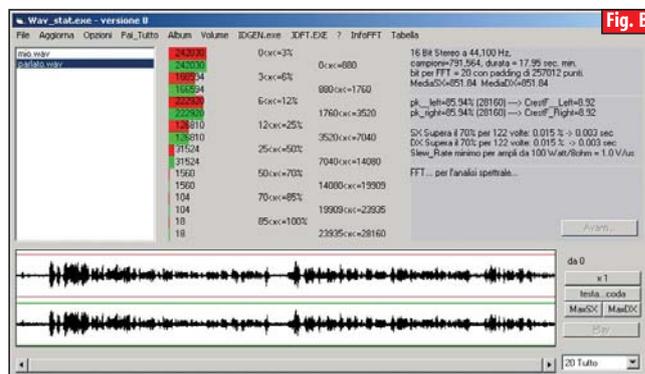
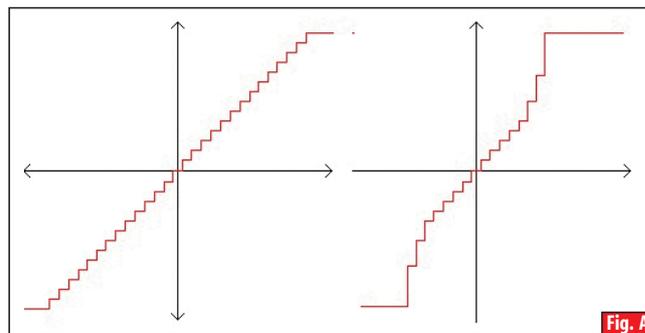


Figura A: confronto qualitativo tra la caratteristica di un convertitore lineare (a sinistra) e uno non lineare per telefonia (a destra).

Figura B: ASDA di 60 secondi di parlato (monofonica: canale sx e dx uguali) qualità CD. La distribuzione dell'ampiezza è analoga a quella riscontrata nelle tracce musicali. La maggior parte del segnale non supera il 50% della MMR. Il fattore di cresta vale 8.92 .

positivo lineare di produzione industriale ha permesso, nel tempo, di ridurre i costi ed aumentare la qualità. Infatti i convertitori A/D e D/A lineari sono utilizzati da tutta l'industria elettronica mondiale e sono soggetti a sviluppo continuo.

Un convertitore non lineare a 12 bit sarebbe stato utilizzato solo per hi-fi, probabilmente il suo costo sarebbe rimasto elevato e l'industria sarebbe stata meno interessata a svilupparlo.

Il sospetto è che l'amplificatore a valvole saturi "meglio": in modo progressivo e per un tempo inferiore grazie all'assenza di protezioni. Questo aspetto non emerge dai test perché non viene indagato il comportamento durante la saturazione profonda. Ciò non toglie che esistano ottimi amplificatori allo stato solido che sono, in genere, anche molto potenti (meno protetti e con meno probabilità di saturare). Va osservato che più bassa è la potenza dell'amplificatore, tanto più devono essere efficaci le protezioni. Quindi un amplificatore allo stato solido da 25 Watt non è solo poco potente ma anche molto protetto, il che peggiora la situazione. Si potrebbe allora dire "abbiamo un amplificatore poco potente, abbassiamo il

MMR o anche al 35% della MMR con diffusori meno sensibili. Quindi potrà suonare "gradevolmente" solo con le registrazioni con i fattori di cresta più elevati e sempre a patto di "saturare bene". Per quanto riguarda gli amplificatori di potenza limitata (meno di 50 Watt) vince chi gestisce meglio le saturazioni (quello a valvole).

Molte registrazioni sono già intrise di saturazioni "alla fonte" e non possono suonare convenientemente con nessun amplificatore.

Nella scelta dell'amplificatore possiamo regolarci in due modi: possiamo, pragmaticamente, considerare di dover trattare segnali con CF nell'ordine di 28-30 e orientarci verso amplificatori mol-

to potenti e diffusori molto sensibili; oppure possiamo accettare i limiti del nostro orecchio e scegliere amplificatori meno potenti purché in grado di gestire le saturazioni con garbo. In questa logica, per potenze inferiori a 40-50 Watt, è conveniente scegliere un buon amplificatore a valvole!

L'analisi del fattore di cresta dei segnali musicali ma ancor più la presenza di saturazioni nei CD spiega anche perché quasi tutti i diffusori acustici suonino mediocrementemente con gran parte della musica pop.

La verità è che i CD di musica pop sono di qualità così scarsa che fanno suonare male anche i diffusori migliori provocando un livellamento della qualità dell'ascolto verso il basso! (*fine*)