

Alla rilevazione strumentale delle loro prestazioni audio, i giraCD oppongono difficoltà di tutt'altro genere di quelle presentate dai giradischi analogici. Questi infatti lasciavano allo sperimentatore la più ampia libertà nello stabilire le procedure di misura, ma rendevano arduo l'ottenimento di risultati precisi e ripetibili; sui loro giovani discendenti digital, al contrario, si rilevano abitualmente dati caratterizzati da un alto grado di precisione e di ripetibilità, ma i metodi applicabili sono necessariamente vincolati all'impiego di poche ed immodificabili sorgenti di sollecitazioni: i compact disc di prova, o CD-test.

Ciò comporta l'utilizzazione dei segnali in essi contenuti, scelti e prestabiliti dai rispettivi fabbricanti in base ai propri criteri di opportunità, e chi esegue le misure, oltre a doversi adattare a ciò che gli viene messo a disposizione, ha l'onere di procedere alla verifica preventiva dei parametri dei segnali di cui dovrà servirsi, e dell'esattezza della loro calibrazione. Tali verifiche, però, implicano l'uso proprio di quei giraCD le cui prestazioni dovrebbero essere controllate tramite i CD-test, determinando così un classico circolo vizioso dal quale è possibile districarsi, sia pure in misura parziale ed a livello probabilistico, solo attraverso confronti paralleli ed incrociati fra CD-test diversi, letti da differenti giraCD. I confronti tra i risultati possono inoltre condurre alla soluzione di problemi di fondamentale importanza.

Le «divergenze» tra i CD-test, in primo luogo, ci danno una misura delle tolleranze di definizione dello standard del compact disc (come sistema) e ci indicano i margini di confrontabilità fra prove di uno stesso giraCD eseguite con CD-test diversi. Nell'eventualità che tali scostamenti non risultassero costanti al variare dei giraCD utilizzati, verrebbe accertata l'esistenza di fenomeni di interazione tra giraCD e CD-test, gravemente inefficienti l'interpretabilità delle misure. In secondo luogo ci consentono di stabilire quali CD-test e quali dei segnali in essi contenuti sono più adatti all'esecuzione di ciascuna misura, o perché più «neutri» e quindi in grado di sollecitare migliori approssimazioni di comportamento ideale, o perché più «critici» e perciò capaci di evidenziare meglio i limiti degli apparecchi; e soprattutto agevolano l'identificazione dei rispettivi contributi, permettendoci di valutare se i risultati dipendono più dal giraCD in prova o dal CD di prova.

Il materiale utilizzato

Oggi esistono essenzialmente sei tipi di CD-test (se ne veda l'elenco), di tre dei quali sono state pubblicate due edizioni successive; il primo disponibile, nell'autunno del 1982, è stato il **Sony Type 1**, seguito dal **Philips** a distanza di pochi mesi. Per i nostri esami abbiamo utiliz-

zato il **Philips**, il **Denon 7147**, il **Technics** ed il **J.A.S. YDDS-2** (preliminarmente preceduto dall'YDDS-1), ai quali in tutto l'articolo ci riferiremo con le sigle rispettive di **PHI**, **DEN**, **TEC** e **JAS**.

Quanto agli apparecchi, abbiamo tenuto conto dei dati raccolti su numerosi modelli, ma per i confronti sistematici ci siamo avvalsi del **Luxman D-405**, del **Pioneer PD-9010X** e del **Mission DAD-7000R**, che abbrevieremo come **Lux**, **Pio** e **Mis**: tre giraCD profondamente diversi soprattutto nell'età dei componenti e nella tecnica di conversione D/A; quest'ultima verrà analizzata dettagliatamente in un prossimo articolo.

Abbiamo incominciato ad eseguire saltuarie rilevazioni esplorative da più di due anni, ed il grosso delle prove ha occupato un arco di cinque mesi, richiedendo una notevole mole di lavoro; molte misure sono state eseguite su tutte le 24 combinazioni possibili (4 CD-test \times 3 giraCD \times 2 canali) e tutte le misure su ciascuna combinazione, senza eccezioni, sono state ripetute almeno due volte a fini di controllo, giungendo a ripeterle decine di volte nei casi dubbi. Naturalmente nelle ripetizioni si è provveduto ad invertire l'ordine di successione dei CD-test e/o dei giraCD per compensare gli effetti di eventuali, impercettibili derive. Ci siamo inoltre serviti spesso di più strumenti diversi per le stesse misure, confrontandone i risultati: i livelli assoluti, ad esempio, sono stati misurati con il voltmetro numerico Datron 1041 e con i voltmetri dell'amplificatore B&K 2606 e dell'analizzatore eterodina B&K 2010, i livelli relativi con uno dei precedenti e con l'analizzatore in tempo reale B&K 2031 e con lo scrivente B&K 2307, le distorsioni sono state rilevate con il distorsionometro Sound Technology 1700B e con gli analizzatori B&K 2031 e 2010, e così via.

Il raffronto e l'analisi statistica dei dati di controllo ci ha messo a disposizione, come sottoprodotto, una verifica della precisione degli strumenti e delle procedure di misura, che si è dimostrata molto superiore a quella che in genere prudenzialmente assumiamo in base alle dichiarazioni delle case costruttrici ed alle

condizioni operative. Ci arrischiamo dunque a fornire spesso 3 e talvolta perfino 4 cifre significative, avendo di volta in volta riscontrato una soddisfacente concordanza sulla cifra successiva all'ultima riportata.

Ovviamente in questo articolo ci siamo limitati a pubblicare un succinto consuntivo delle medie dei risultati più significativi, insieme ad una selezione di singoli esempi particolarmente importanti o rappresentativi.

I livelli assoluti di uscita

Anche se non ha un'importanza pratica rilevante, il livello di riferimento «0 dB» dovrebbe essere definito con grande precisione nei sistemi digital, e quindi la massima tensione di uscita di ciascun giraCD non dovrebbe subire alterazioni al variare dei CD-test utilizzati per misurarla. In effetti i livelli di uscita, rilevati con segnali sinusoidali stazionari a numerose frequenze, sono risultati molto simili; nondimeno hanno presentato differenze piuttosto definite che, almeno attraverso il Mis, non possono rientrare negli errori di misura (Tab. 1).

Il PHI ha esibito consistentemente il livello più elevato, seguito da vicino dal DEN e poi dal TEC e dal JAS; l'ambito di variazione è mediamente inferiore a 0,1 dB, ma si mantiene al di sotto di tale media con i due giraCD giapponesi; viceversa i risultati col Mis fanno sospettare che questo tenda ad «espandere» le piccole differenze di livello. Per verificare tale ipotesi sono stati misurati i livelli relativi immediatamente inferiori con il Mis e con il Lux (Tab. 2): le differenze tra i due sembrerebbero confermare qualitativamente tale tendenza, ma fino a -3 dB restano al di sotto degli errori ($< 0,03$ dB) e, anche a volerle prendere per buone, la loro entità è del tutto insufficiente a giustificare l'ipotesi; questa resta dunque tale, e la «differenza delle differenze» riscontrata con il Mis rimane provvisoriamente in attesa di una spiegazione.

Il bilanciamento tra i canali è di certo un parametro assai influente sull'immagine sonora, ed i giraCD presentano sbilanciamenti generalmente contenuti; si è però notato che, tranne rare e minuscole eccezioni, è quasi sempre il canale destro a produrre il livello maggiore. Tale circostanza ci ha spinti ad alcuni riscontri supplementari dei livelli dei due canali a 0 dB, 1 kHz, per verificare che uno sbilanciamento non fosse insito nel CD-test abitualmente utilizzato per le prove IAF (il PHI). Questo è però risultato del tutto innocente, in quanto i tre giraCD hanno presentato sbilanciamenti tra loro diversi, ma molto simili con tutti e quattro i CD-test (Tab. 3).

Avremmo preferito poter confrontare i livelli anche con segnali non sinusoidali, ma purtroppo non ci sono altri segna-

I CD-test

Denon	Audio Technical CD	33 C 39-7441
Denon	Audio Technical CD	38 C 39-7147
D.H.F.I.	Test und Demo CD	Schallplatte Nr. 9
J.A.S.	Audio Test CD-1	YDDS-1
J.A.S.	Audio Test CD-1	YDDS-2
Philips	Test Sample Nr. 3	410 055-2
Sony	Test CD Type 1	YEDS-2
Sony	Test CD Type 2	YEDS-7
Technics	CD Test Disc 1	SH-CD 001
E.I.A.J.	(in preparazione)	

TAB. 1 - LIVELLI DI USCITA A 0 DB				
CD-test	giraCD			media
	Lux	Pio	Mis	
a 1 kHz				
PHI	0	0	0	0
DEN	-0,01	-0,01	-0,04	-0,02
TEC	-0,02	-0,01	-0,10	-0,04
JAS	-0,03	-0,02	-0,15	-0,07
a 40 ~ 50 Hz				
PHI	0	0	0	0
DEN	-0,00	-0,03	-0,07	-0,03
TEC	-0,01	-0,03	-0,12	-0,05
JAS	-0,02	-0,05	-0,13	-0,07
a 20 kHz				
PHI	0	0	0	0
DEN	-0,03	-0,02	-0,06	-0,03
TEC	-0,05	-0,03	-0,11	-0,06
JAS	-0,06	-0,04	-0,13	-0,08

Tab. 1 - Come livelli di uscita sono state considerate le medie tra le tensioni di uscita dei due canali per ciascuna combinazione CD-test-giraCD. Quelle rilevate con il PHI sono state prese come riferimento (essendo risultate le più alte) ed eguagliate a 0 dB; per gli altri CD-test vengono riportati i valori relativi ad esse, espressi in dB. Nell'ultima colonna figurano le medie relative dei valori misurati con i tre giraCD. Si noti l'«espansione» delle variazioni nelle misure eseguite con il Mis.

Tab. 3 - I dati di sbilanciamento esprimono la differenza in dB tra il livello del canale destro (che è costantemente il più elevato) ed il livello del canale sinistro. Le variazioni equivalgono alle differenze tra il massimo ed il minimo dei valori misurati con i quattro CD-test su ciascun giraCD; le medie si riferiscono invece ai valori misurati sui tre giraCD con ciascun CD-test. Eventuali sbilanciamenti insiti nei CD-test risultano al di sotto degli errori di misura.

TAB. 3 - SBILANCIAMENTO TRA I CANALI A 0 DB				
CD-test	giraCD			media
	Lux	Pio	Mis	
PHI	+0,24	+0,20	+0,02	+0,153
DEN	+0,28	+0,25	+0,03	+0,186
TEC	+0,25	+0,25	+0,05	+0,183
JAS	+0,22	+0,25	+0,02	+0,157
variazione	0,06	0,05	0,03	0,033

TAB. 4 - DEVIAZIONI IN FREQUENZA A 0 DB			
CD-test	giraCD		
	Lux	Pio	Mis
a 40 ~ 50 Hz			
PHI	-0,01	-0,10	-0,04
DEN	0,00	-0,12	-0,07
TEC	0,00	-0,12	-0,05
JAS	0,00	-0,13	-0,02
variazione	0,01	0,03	0,05
a 20 kHz			
PHI	+0,01	-0,10	-1,17
DEN	-0,01	-0,11	-1,19
TEC	-0,01	-0,12	-1,17
JAS	-0,01	-0,12	-1,16
variazione	0,02	0,02	0,03

Tab. 4 - Le deviazioni della risposta in frequenza alle estremità della gamma audio sono espresse in dB come medie delle deviazioni rilevate sui due canali, riferite a 1 kHz. L'accordo fra i CD-test è eccellente.

li analoghi incisi allo stesso livello su due o più CD-test. Cogliamo però l'occasione per far notare che le onde quadre incise sul TEC, per le quali viene dichiarato sul manuale un livello relativo di -10 dB, producono una tensione r.m.s. di c. -9,1 dB e vanno pertanto considerate ad un livello nominale di -12 dB.

Le risposte in frequenza

Le risposte in frequenza sono le misure in cui si è riscontrato il massimo grado

di concordanza tra i CD-test. Le curve rilevate con le spazzolate sinusoidali (non disponibili sul TEC) sono a tutti gli effetti coincidenti, nonostante l'adozione di una scala delle ampiezze espansione di un fattore 5 rispetto a quella normalmente adottata per le nostre prove (0,2 dB anziché 1,0 dB per divisione) e che consente una risoluzione effettiva (tenuto conto dell'inerzia del pennino) stimabile in $\pm 0,03$ dB (Graf. 1, 2).

Le uniche differenze percepibili ad occhio sussistono tra le spazzolate da 50 secondi e quelle da 150 secondi conte-

nute nel JAS: in queste ultime alcuni «picchi» sono appena più marcati (sempre nell'ordine di 0,05 dB) ma ciò è quasi certamente dovuto alla minor velocità di scansione, la quale lascia maggior tempo di accrescimento alle «risonanze» (Graf. 3). Con i toni stazionari le deviazioni agli estremi della banda risultano pressoché identiche con tutti i CD-test (Tab. 4): se si eccettuano infatti gli 0,05 dB risultanti attraverso il Mis a bassa frequenza, il campo di variazione non supera gli 0,03 dB.

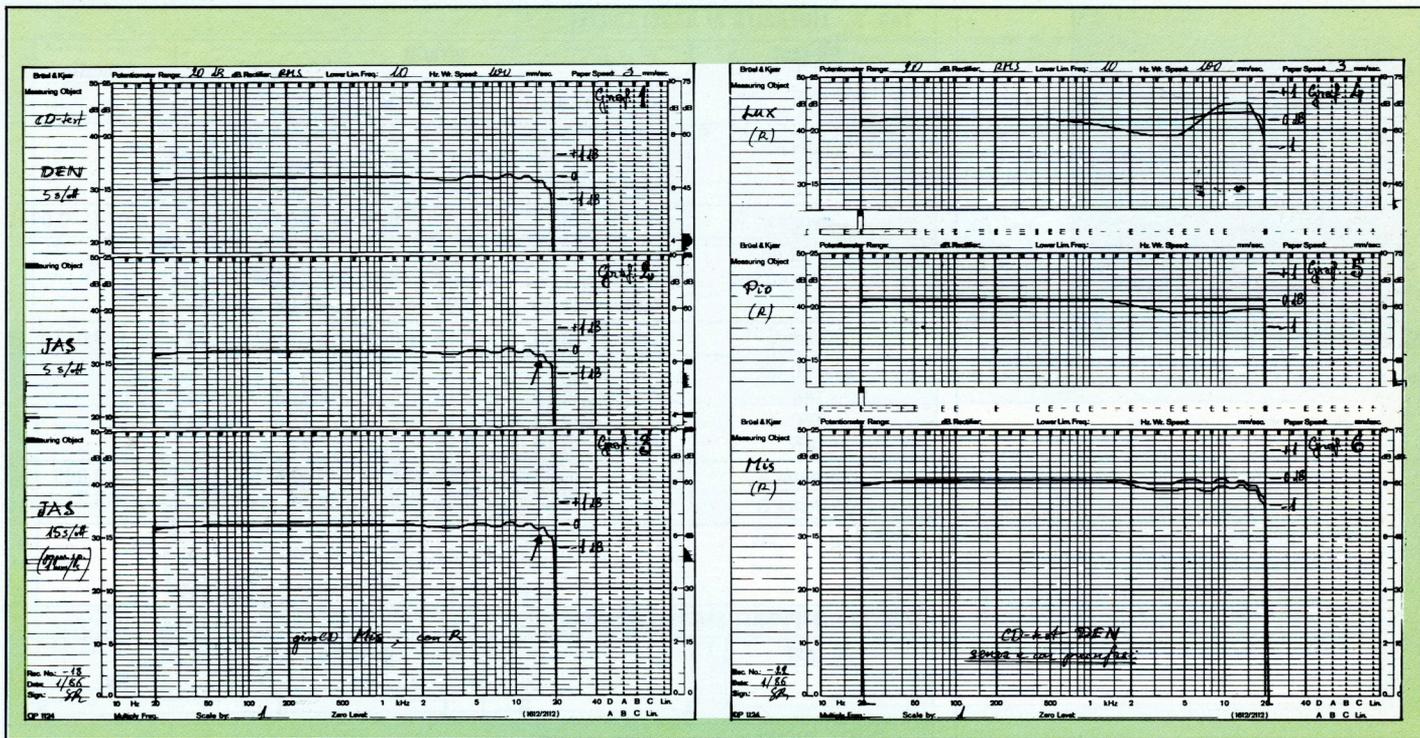
Quanto detto vale però soltanto in as-

TAB. 2 - LIVELLI RELATIVI		
livelli a 1 kHz	giraCD	
	Lux	Mis
0 dB	0	0
-1 dB	-0,99	-1,01
-3 dB	-2,98	-3,01
-6 dB	-5,97	-6,8

Tab. 2 - Livelli relativi di uscita da due giraCD per piccole variazioni del livello di incisione, con segnale sinusoidale; misure eseguite con il TEC. Fino a -3 dB le differenze rientrano negli errori di misura.

Tab. 5 - Le imprecisioni di deenfasi, riportate in dB, corrispondono alle differenze tra i valori di attenuazione rilevati ed i valori teorici per le misure eseguite con il TEC alle tre frequenze indicate; quelle relative al DEN sono state invece lette sui grafici di risposta in frequenza con e senza deenfasi (Graf. 4, 5, 6, per i canali destri). I valori che si riferiscono al DEN compaiono quindi già approssimati ad 1/20 di dB, considerandosi irrealistica una risoluzione maggiore. L'accordo tra DEN e TEC è minimo a 16 kHz con Lux e Mis.

TAB. 5 - IMPRECISIONI DI DEENFASI							
CD-test	giraCD						media
	Lux		Pio		Mis		
	L	R	L	R	L	R	
a 1 kHz							
DEN	-0,10	-0,15	+0,05	0,00	0,00	0,00	
TEC	-0,22	-0,18	-0,02	-0,05	0,00	0,00	
differenza	+0,12	+0,03	+0,07	+0,05	0,00	0,00	+0,04
a 5 kHz							
DEN	-0,50	-0,50	-0,35	-0,45	-0,30	-0,30	
TEC	-0,40	-0,34	-0,30	-0,41	-0,17	-0,14	
differenza	-0,10	-0,16	-0,05	-0,04	-0,13	-0,16	-0,11
a 16 kHz							
DEN	+0,10	+0,15	-0,25	-0,35	-0,15	-0,15	
TEC	-0,09	-0,09	-0,28	-0,34	0,00	-0,04	
differenza	+0,19	+0,24	+0,03	-0,01	-0,15	0,11	+0,03

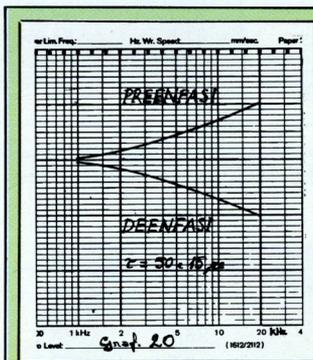


Graf. 1, 2, 3 - Risposte in frequenza del Mis, canale destro, da 20 Hz a 20 kHz, al livello di -20 dB. Dall'alto: DEN, scansione da 5 s/ott; JAS, scansione da 5 s/ott; JAS, scansione da 15 s/ott. Seppur contenutissime, le differenze sono maggiori tra le risposte rilevate con lo stesso CD-test ma con diverse velocità di scansione (freccia). Si noti che la scala verticale è espansa rispetto al consueto.

Graf. 4, 5, 6 - Risposte in frequenza con e senza circuito di deenfasi inserito, da 20 Hz a 20 kHz, a -20 dB, rilevate con il DEN. Dall'alto: Lux, Pio, Mis; canali destri. L'attenuazione presente su tutti e tre potrebbe essere introdotta, almeno intorno ai 5 kHz, in parte dai giraCD ed in parte dal CD-test stesso. La risultante delle rispettive imprecisioni resta in ogni caso contenuta entro $\pm 0,6$ dB.

senza di preenfasi, ed un controllo dell'accuratezza dei circuiti di deenfasi è possibile solo attraverso il DEN ed il TEC; quest'ultimo inoltre lo consente soltanto a tre frequenze (1, 5, 16 kHz), mentre il DEN è l'unico CD-test contenente spazzolate in frequenza preenfattizzate. Sarà forse in parte a causa delle diverse modalità di rilevazione, e/o per il fatto che gli equalizzatori di deenfasi sono analogici, ma questa è l'area in cui si sono manifestate tanto le maggiori «discrepanze» tra due CD-test quanto le più accentuate interazioni tra CD-test e giraCD. Attraverso il Pio le differenze tra DEN e TEC potrebbero rientrare negli errori di misura, ma con il Lux ed il Mis appare improbabile (Tab. 5); inoltre, mentre a 5 kHz c'è un accordo accettabile fra i tre giraCD almeno nel «senso» della deviazione relativa, a 16 kHz i risultati con Lux e Mis divergono completamente, fino a differire di oltre 0,3 dB.

In sostanza con il DEN le deenfasi sembrano introdurre una maggiore (sia pure solo dell'ordine di 0,1 dB) attenuazione intorno ai 5 kHz (Graf. 4, 5, 6) rispetto alle misure effettuate con il TEC, mentre alle alte frequenze le variazioni non sono consistenti. Poiché al momento non disponiamo di altri CD-test per ulteriori confronti (ci risulta che il Sony adotta gli stessi segnali del TEC), dobbiamo considerare questo aspetto temporaneamente in sospeso, ed invitiamo



Preenfasi e deenfasi

Lo standard del CD contempla un'equalizzazione di preenfasi delle alte frequenze che i produttori di compact disc hanno la facoltà di impiegare per ottenere un incremento del rapporto S/N. Poiché il massimo livello di segnale immagazzinabile nel CD è indipendente dalla frequenza, e dal momento che il contenuto energetico del programma è quasi sempre decrescente sugli acuti, conviene sfruttare parte della disponibilità dinamica che resterebbe inutilizzata elevando progressivamente il livello delle alte frequenze, secondo la curva di preenfasi riportata in figura. La presenza dell'equalizzazione viene resa nota introducendo nei dati di segnalazione e di controllo che si trovano in testa ad ogni quadro (i subcodici) un «insegna» (flag) di preenfasi, che viene riconosciuto dal decodificatore del giraCD, il quale provvede automaticamente a deviare il segnale attraverso un

apposito circuito di deenfasi; questo è situato nello stadio di uscita, a valle dei filtri di ricostruzione, e deve avere ovviamente una risposta esattamente complementare a quella di preenfasi per ottenere una caratteristica risultante lineare. Ma il circuito di deenfasi attenua nel contempo il rumore e la distorsione introdotte dal giraCD in gamma alta, migliorando le prestazioni sotto questi due aspetti. La preenfasi viene applicata nella stragrande maggioranza dei CD di musica in commercio e quindi, durante il normale ascolto, il circuito di deenfasi è quasi sempre in funzione. I segnali per la rilevazione della risposta in frequenza incisi nei CD-test, invece, con la sola eccezione delle tracce 38 e 39 del DEN, non sono preenfattizzati, e quindi la risposta misurata non può essere considerata rappresentativa di quella generalmente «udibile», poiché bypassa proprio la sezione circuitale che ha le maggiori probabilità di introdurre deviazioni. Misurare la risposta senza enfasi di un giraCD è quindi un po' come misurare la risposta di un preamplificatore dai soli ingressi linea, ignorando l'equalizzazione RIAA. A ciò si aggiunga che nel caso dei giraCD alcuni fabbricanti apportano deliberatamente delle «correzioni» alla caratteristica di deenfasi per ottenere il bilanciamento sonoro che essi considerano più gradevole senza alterare la curva di risposta che viene abitualmente pubblicata sulle riviste.

Noi riteniamo quindi che debba essere misurata prioritariamente la risposta con enfasi, ma ci limiteremo ancora a controllarla in genere «ufficiosamente» fino a quando avremo dissipato ogni dubbio sull'esattezza del segnale di prova.



Il «Test Sample 3» della Philips.

CD-test	giraCD						media
	Lux		Pio		Mis		
	L	R	L	R	L	R	
a - 90 dB							
PHI	+3,75	+3,75	+1,9	+1,65	+3,57	+3,13	
TEC	+3,75	+3,85	+2,2	+1,73	+3,62	+3,12	
differenza	+0,10	-0,10	(-0,3)	-0,08	-0,05	+0,01	-0,07 (-0,024)
a - 80 dB							
PHI	+0,95	+1,05	-0,35	-0,35	+1,98	+1,62	
TEC	+0,98	+1,05	-0,25	-0,45	+2,02	+1,65	
differenza	-0,03	0,00	-0,10	+0,10	-0,04	-0,03	-0,017
a - 60 dB							
PHI	+0,10	+0,10	+0,10	+0,05	0,00	0,00	
TEC	+0,07	+0,12	+0,13	+0,03	0,00	+0,03	
DEN	-0,05	-0,10	-0,15	-0,10	-0,2	-0,3	
differenza A	+0,03	-0,02	-0,03	+0,02	0,00	-0,03	-0,005
differenza B	+0,14	+0,21	+0,27	+0,14	+0,2	+0,3	+0,21

Tab. 6 - La linearità integrale è espressa come differenza tra i livelli relativi di uscita ed i livelli di incisione, per segnali sinusoidali a 1 kHz. Così, ad esempio, +3,75 dB (Lux) significa che il segnale da -90 dB viene riprodotto ad un livello di -86,25 dB, mentre -0,35 dB (Pio) significa che il segnale da -80 dB, viene riprodotto a -80,35 dB; qui non ci interessano tanto le non-linearità dei singoli giraCD quanto gli scarti nelle rilevazioni con i tre CD-test. Si noti che i valori misurati sul canale sinistro (L) del Pio sono meno attendibili per un probabile vizio di procedura: la relativa differenza è quindi posta tra parentesi, ed accanto alla media delle 6 differenze (ultima colonna) abbiamo aggiunto tra parentesi la media delle sole 5 differenze più attendibili. Quanto al livello di -60 dB, le «differenze A» sono quelle tra PHI e TEC (come per gli altri livelli), mentre le «differenze B» sono tra le medie dei corrispondenti valori del PHI e del TEC ed i valori del DEN; algebricamente: 0,5 (PHI+TEC) - DEN. I risultati ottenuti con il DEN si discostano nettamente dagli altri.

Tab. 7 - I rapporti S/N si riferiscono convenzionalmente al dislivello tra la massima tensione r.m.s. di uscita in regime sinusoidale a 1 kHz e la tensione r.m.s. di rumore in uscita durante la lettura di una traccia «non modulata».

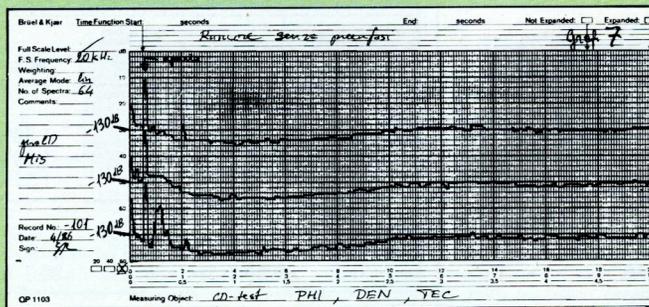
Le variazioni tra i CD-test sono di un certo rilievo solo con il Mis, ma i risultati ad esso relativi vanno presi con cautela per le ragioni esposte nel testo. Le differenze tra i rapporti S/N riferite al DEN sono quelle che intercorrono tra i valori misurati con il PHI e con il TEC ed i corrispondenti valori misurati con il DEN: essi sembrano denunciare una lieve minor silenziosità del DEN rispetto agli altri due attraverso il Lux, un sostanziale equilibrio attraverso il Pio, mentre con il Mis i tre CD-test appaiono accentuatamente differenziati, con il PHI più silenzioso del DEN ed il TEC meno silenzioso. Le perplessità sui dati del Mis, però, ci impediscono di considerare significativi questi risultati. Le differenze incrementali apportate dalla deenfasi in assenza di segnale si aggirano intorno ai valori teorica-mente prevedibili (3~4 dB) per i giraCD mediamente silenziosi, mentre tendono comprensibilmente a zero per quelli silenziosissimi.

TAB. 7A - RAPPORTI SEGNALE/RUMORE

CD-test	giraCD					
	Lux		Pio		Mis	
	L	R	L	R	L	R
SENZA ENFASI						
lineare						
PHI	88,9	87,3	99,6	99,0	102,2	105,0
DEN	88,8	87,1	99,8	99,0	101,0	104,7
TEC	88,9	87,0	99,8	99,0	100,7	104,6
variazione	0,1	0,3	0,2	0,0	1,5	0,4
pesato A						
PHI	91,7	89,1	102,5	101,6	108,7	108,9
DEN	91,5	88,9	102,5	101,6	108,3	108,6
TEC	91,5	88,9	102,5	101,9	107,6	107,8
variazione	0,2	0,2	0,0	0,3	1,1	1,1
CON ENFASI						
lineare						
DEN	92,6	92,1	102,5	100,4	101,4	105,0
TEC	92,8	92,4	102,5	100,6	101,8	104,9
variazione	0,2	0,3	0,0	0,2	0,4	0,1
pesato A						
DEN	96,4	94,0	105,6	103,3	108,5	108,8
TEC	96,4	94,2	105,6	103,3	107,8	108,5
variazione	0,0	0,2	0,0	0,0	0,7	0,3

TAB. 7B - DIFFERENZE NEI RAPPORTI SEGNALE/RUMORE

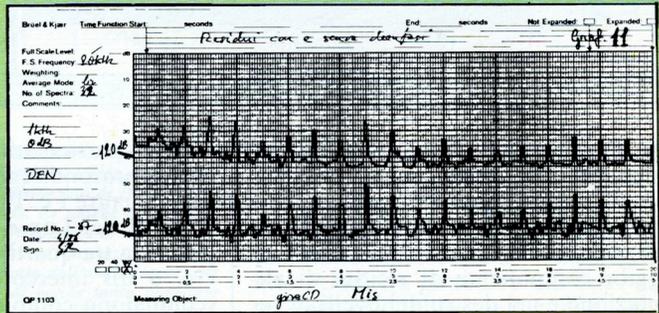
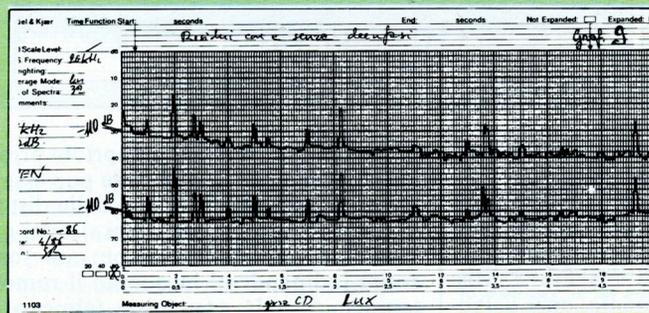
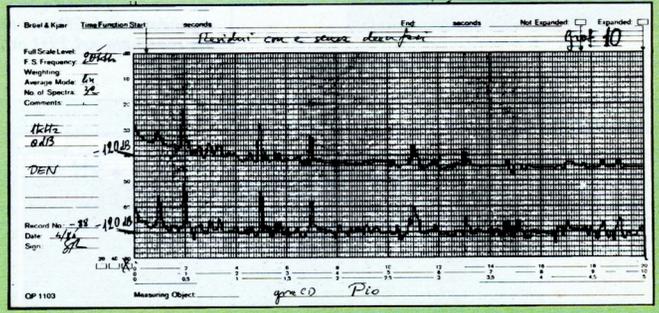
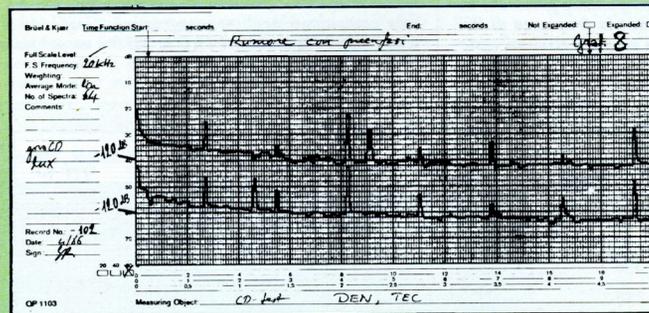
MEDIE riferite al DEN						
PHI						
senza enfasi	+0,15	+0,20	-0,10	0,00	+0,80	+0,30
con enfasi						
lineare	+0,10	+0,20	-0,20	0,00	+1,20	+0,30
pesato A	+0,20	+0,20	0,00	0,00	+0,40	+0,30
TEC						
senza enfasi	+0,05	0,05	0,00	+0,15	-0,50	-0,45
con enfasi	+0,10	+0,25	0,00	+0,10	-0,15	-0,20
lineare	+0,15	+0,10	0,00	+0,10	+0,05	-0,10
pesato A	0,00	+0,10	0,00	+0,15	-0,70	-0,55
INCREMENTI con ENFASI						
lineare DEN	3,8	5,0	2,7	1,4	0,4	0,3
lineare TEC	4,0	5,4	2,7	1,6	1,1	0,3
pesato DEN	4,9	5,1	3,1	1,7	0,2	0,2
pesato TEC	4,9	5,3	3,1	1,4	0,2	0,7
media	4,8		2,2			0,4



Graf. 7 - Spettrogrammi del rumore di fondo in uscita dal Mis durante la lettura di tracce «non modulate», senza preenfasi, sulla banda da 0 a 20 kHz (scala lineare). Dall'alto: PHI, DEN, TEC (distanziati di 20 dB). L'addensamento di rumore presentato dal TEC intorno ai 1.200 Hz si è fortunatamente «sviluppato» dopo la rilevazione dei rapporti S/N; la spuria a 645 Hz è del giraCD.

Graf. 8 - Spettrogrammi del rumore di fondo in uscita dal Lux durante la lettura di tracce «non modulate», con preenfasi. Dall'alto: DEN, TEC (distanziati di 20 dB). Tutte le righe presenti sono spurie prodotte dal giraCD, e non dipendono dal CD-test.

Graf. 9, 10, 11 - Rumore e distorsione residui in uscita durante la riproduzione di un tono a 1.001 Hz, a 0 dB, inciso sul DEN. In ciascun grafico lo spettrogramma superiore è stato rilevato con deenfasi inserita e quello inferiore senza deenfasi; essendo distanziati di 30 dB, il loro progressivo «avvicinamento» alle alte frequenze è dovuto appunto all'azione della deenfasi che attenua il rumore e la distorsione. La fondamentale appare meno pronunciata di molte armoniche poiché è stata soppressa con un filtro. Il grafico 9 si riferisce al Lux, il 10 al Pio e l'11 al Mis.



tutti gli sperimentatori di buona volontà ad eseguire confronti analoghi ed a renderne pubblici i risultati.

La linearità in ampiezza

La linearità — o, per essere più precisi, la «linearità integrale» — è il parametro qualitativo fondamentale dei convertitori, e sulla sua verifica non bisogna lasciar adito a dubbi. I dislivelli di ampiezza devono pertanto risultare identici sui diversi CD-test, soprattutto ai livelli relativi molto bassi, dove le non-linearità si manifestano più macroscopicamente nei DAC ad intervalli di transizione costanti, quali sono quelli che equipaggiano i giraCD. Il JAS non è utilizzabile a questo scopo, non contenendo segnali a livelli inferiori ai -20 dB; il DEN giunge a -60 dB alle frequenze di 100, 1.000 e 10.000 Hz, mentre il PHI e il TEC si spingono fino a -90 dB, ma solo a 1.000 Hz.

PHI e TEC hanno mostrato un eccellente accordo fino a -80 dB, ed un accordo ancora ottimo a -90 dB, dove il



L'«Audio Technical CD» della Nippon Columbia/Denon.

contributo casuale del rumore non è più trascurabile (Tab. 6). Se si eccettua il caso isolato del canale sinistro del Pio, tramite il quale si è rilevata una discrepanza di 0,3 dB, la variazione non supera gli 0,1 dB per ciascuno degli altri cinque canali, e gli 0,02 dB per la loro media. Il DEN invece, a -60 dB, differisce puntualmente dagli altri due di c.

0,2 dB per difetto; in termini audio convenzionali si tratta di un'inezia, ma per la linearità del DAC equivalgono ad oltre 1,5 LSB: una deviazione che potrebbe determinarne la non-monotonicità. Stante la perfetta coincidenza degli altri due CD-test a questo livello (entro mezzo centesimo di dB), riteniamo che l'imprecisione sia da attribuirsi al DEN.

I rapporti segnale/rumore

I rapporti S/N, rilevati come di consueto nella banda compresa tra 22 Hz e 22 kHz, in lineare e con filtro di pesatura A, si riferiscono a tre dei CD-test in esame, poiché il JAS non dispone della traccia «di zeri» per la rilevazione del rumore di fondo. Il DEN e il TEC in compenso contengono tali tracce nelle versioni senza e con segnalatori di preenfasi, consentendo di quantificare l'efficacia della deenfasi.

I singoli risultati ottenuti con il Lux e con il Pio non differiscono più di 0,3 dB tra un CD-test e l'altro (Tab. 7), ma attraverso il Mis si ottengono variazioni



Il «CD Test Disc 1» della Matsushita/Technics.

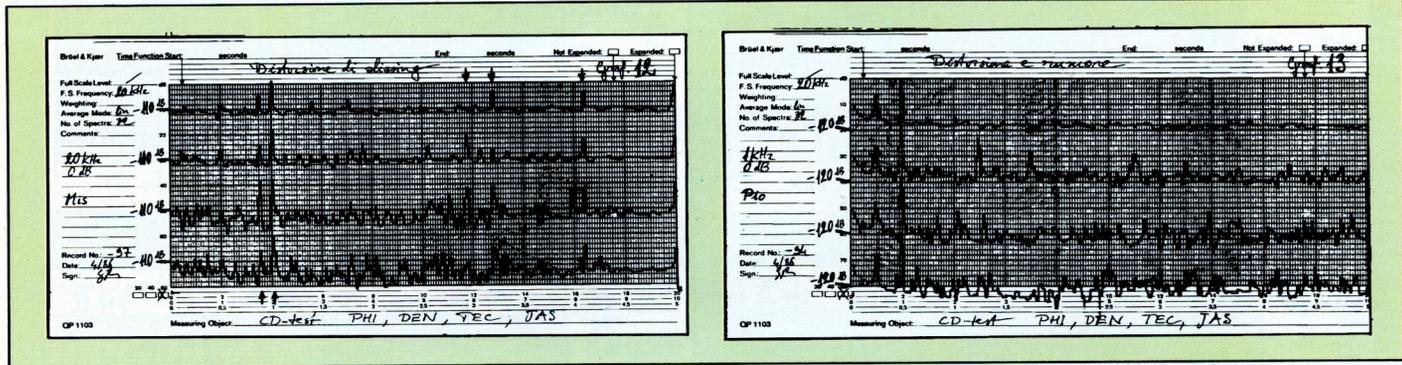
Graf. 12 - Distorsione di aliasing e rumore in banda audio durante la riproduzione di toni a c. 20 kHz, a 0 dB, attraverso il Mis. Dall'alto: PHI, DEN, TEC, JAS (distanziati di 20 dB). I principali prodotti di intermodulazione risultano: 4,1 kHz = 44,1 kHz - 2 x 44,1 kHz; 12,8 kHz = 2 x 176,4 kHz - 17 x 20 kHz; 16,4 kHz = 176,4 kHz - 8 x 20 kHz.

Graf. 13 - Distorsione armonica e rumore con un segnale da c. 1 kHz, a 0 dB, attraverso il Pio. Dall'alto: PHI, DEN, TEC, JAS (distanziati di 20 dB). La 2ª armonica a -100 dB è l'unica componente pressoché indipendente dal CD-test utilizzato; la frequenza di 997 Hz contenuta nel PHI ottiene i migliori risultati «estetici».

TAB. 8 - DISTORSIONE ARMONICA A 1 kHz

CD-test	giraCD		
	Lux	Pio	Mis
a - 60 dB			
PHI	0,70%		1,38%
DEN	0,70%		1,39%
TEC	0,70%		1,51%
a - 90 dB			
PHI	27,8 %	25,1%	28,4 %
TEC	30,8 %	27,2%	28,3 %

Tab. 8 - Le percentuali di distorsione, rilevate sui canali destri, comprendono le sole armoniche fino alla 20ª che emergono dal «tappeto» di rumore, ed escludono eventuali spurie e prodotti di intermodulazione che invece compaiono negli spettrogrammi (Graf. 14 ÷ 17). Con i 1.000 Hz esatti del TEC la THD è un po' più elevata nella maggioranza dei casi.



assai maggiori: 1,5 dB in un caso, che può essere considerato sporadico, e 1,1 dB in altri due. Prima di dare spazio ad ipotesi più fantasiose, c'è da notare che il Mis presentava nel canale sinistro una maggior componente di residui di alimentazione e nel destro dei livelli di rumore tanto bassi da poter essere più facilmente influenzati dal rumore della strumentazione o da disturbi esterni; sembra quindi prudente non ritenere significativi i dati del Mis in relazione alle prestazioni di «silenziosità» dei CD-test. Questa, attraverso gli altri due giraCD risulta pressoché equivalente, come previsto dalla teoria. Ciò viene qualitativamente confermato dagli spettrogrammi del rumore di fondo (Graf. 7, 8).

Quanto agli incrementi apportati dalla deenfasi, essi sono tanto più cospicui quanto più è rumoroso il giraCD, e vanno da meno di 1 dB col Mis a c. 5 dB con il Lux. Ma i reali effetti apportati in presenza di segnale utile sono assai meglio valutabili dagli spettrogrammi del rumore, e della distorsione, rilevati durante la riproduzione di un tono da 1 kHz a 0 dB (Graf. 9, 10, 11). Il livello di rumore resta pressoché invariato alle basse frequenze, anzi aumenta leggermente al di sotto della fondamentale, mentre cala progressivamente alle alte frequenze, con una riduzione che va dai 4 ai 10 dB al di sopra degli 8 kHz. In questi spettrogrammi, rilevati sul canale destro di ciascun giraCD, si nota

già una particolarità molto interessante che approfondiremo nel prossimo articolo: mentre i c. 10 dB di differenza tra gli S/N del Lux e del Pio si ritrovano per circa tre quarti negli spettrogrammi, i c. 6 dB intercorrenti tra Pio e Mis scompaiono completamente, anzi il Pio risulta appena meno rumoroso del Mis, senza contare la distorsione.

La distorsione

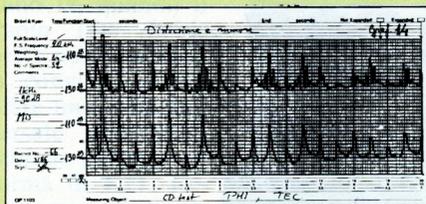
La questione della distorsione riveste un interesse del tutto speciale poiché, oltre ad evidenziare alcune importanti differenze strutturali tra i CD-test, risulta oltremodo istruttiva riguardo alle modalità di funzionamento delle circuitazioni digital.

Nella distorsione di aliasing, rilevata con un segnale da c. 20 kHz a 0 dB, il PHI e il DEN presentano il minor numero di spurie ed il maggior livello di rumore, mentre il TEC e il JAS producono più spurie e minor rumore (Graf. 12). Nella distorsione armonica, misurata a c. 1 kHz, ancora a 0 dB, il PHI esibisce lo spettro più pulito dal quale emerge solo la 2ª armonica del segnale; con il DEN saltano fuori altre 7 armoniche, con il TEC aumenta di c. 2 dB il livello della 2ª armonica e compaiono diverse spurie che movimentano l'andamento del rumore il quale però si svolge ad un livello mediamente più basso; un panorama abbastanza simile viene presentato dal JAS (Graf. 13). Queste due analisi ci illustrano due caratteristiche

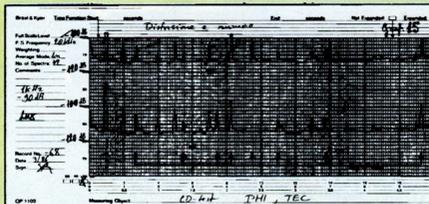
molto generali dei convertitori: la prima è che un aumento del rumore può essere barattato con una riduzione della distorsione e viceversa, poiché nei sistemi numerici rumore e distorsione non sono entità indipendenti in quanto il rumore termico casuale non esiste (almeno in teoria), e quello che appare come tale non è altro che distorsione assai uniformemente distribuita; la seconda è che la distribuzione della distorsione, e quindi del «rumore», è strettamente e criticamente dipendente dalla frequenza del segnale: le differenze tra gli spettrogrammi, infatti, non dipendono tanto dalle diverse tecniche di incisione o dalla «purezza» dei segnali, quanto dal fatto che questi sono di frequenze leggermente diverse.

Ampie conferme del fenomeno si trovano nelle percentuali di distorsione armonica ai bassi livelli (Tab. 8) e nei relativi spettrogrammi (Graf. 14, 15, 16), che evidenziano però anche la sua dipendenza quantitativa dai sistemi di conversione e dai livelli di rumore dei giraCD. Limitando la banda di analisi è inoltre più facile risalire ai meccanismi che lo determinano, e che fondamentalmente consistono in intricate intermodulazioni tra le armoniche del segnale e la frequenza di campionamento, con le sue armoniche e subarmoniche (Graf. 17).

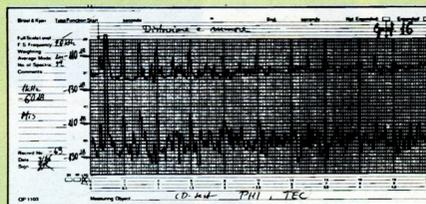
Il motivo per cui nei CD-test PHI e DEN compaiono tutte frequenze «strane» — 997 e 1.001 Hz invece di 1.000



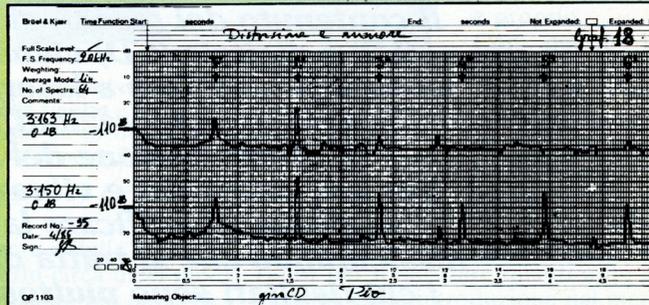
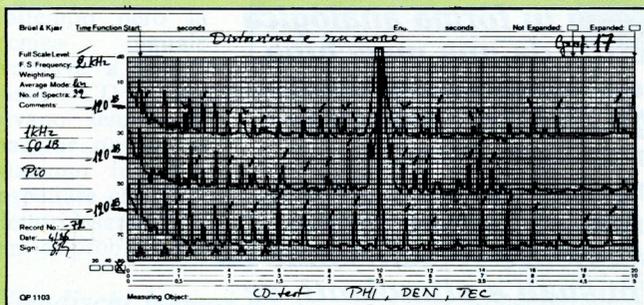
Graf. 14 - Spettrogrammi della distorsione e del rumore in uscita dal Mis con segnali da c. 1 kHz incisi a -90 dB. In questo caso il risultato ottenuto con i 1.000 Hz del TEC (sotto) è più pulito di quello prodotto dai 997 Hz del PHI (sopra, distanziato di 40 dB); la distorsione armonica è pressoché identica (vedasi la Tab. 8) ma l'altezza delle armoniche sembra maggiore con il TEC perché il livello del rumore è più basso; inoltre i prodotti di IM, che con il PHI compaiono intorno alle armoniche, vengono integrati nei fianchi di queste dall'analizzatore con il TEC, trovandosi a minore distanza.



Graf. 15 - Come per il grafico 14, ma in uscita dal Lux. Qui il livello relativamente elevato di rumore prodotto dal giraCD riduce apparentemente le differenze tra i due CD-test, ma in realtà la THD aumentata di c. 1 dB passando dal PHI (sopra) al TEC (sotto). Le spurie sono tutte del giraCD, e la comparsa e la scomparsa di alcune di esse (in particolare a 7,5 e a 9,5 kHz) è casuale.



Graf. 16 - Distorsione e rumore in uscita dal Mis con segnali da c. 1 kHz, a -60 dB. Sopra con PHI, sotto con TEC (distanziati di 40 dB). A questo livello le diversità non riguardano tanto la distorsione armonica, che differisce meno di 1 dB, quando l'andamento del «rumore» (costituito principalmente da IM) che con i 1.000 Hz risulta assai meno uniforme.



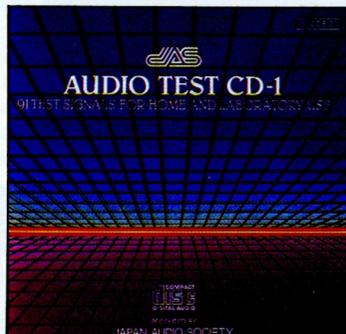
Hz, 19.997 e 19.999 Hz invece di 20.000 Hz, e così via — è appunto il proposito di far ben figurare gli apparecchi perseguendo uno spargliamento uniforme dei prodotti di intermodulazione. Il caso apparentemente pessimale è rappresentato da un segnale che sia un sottomultiplo intero della frequenza di campionamento, qual è ad esempio il tono standard per le misure di wow & flutter (da 3.150 Hz = 44.100 Hz: 14); nelle istruzioni del PHI, infatti, si raccomanda la frequenza di 3.163 Hz per le misure di distorsione nella stessa banda; noi però ci siamo presi la libertà di disobbedire, verificando la fondatezza delle preoccupazioni della Philips ed ottenendo una lampante conferma del rapporto di reciprocità fra distorsione e rumore (Graf. 18): con il Pio, variando la frequenza di appena lo 0,4%, la distorsione (pur restando bassissima) raddoppia, mentre il rumore cala di c. 5 dB.

Conclusioni

La determinazione quantitativa degli standard del CD è risultata, per i livelli assoluti, notevolmente migliore di quella riscontrabile nei sistemi analogici ma un po' meno precisa di quanto la teoria indurrebbe a sperare; l'autoconformità dei livelli in funzione della frequenza e del livello si è invece rivelata eccellente, fatta eccezione per un singolo caso (DEN a -60 dB) quasi certamente deviante, e per un'intera classe di presta-

Graf. 17 - Spettrogrammi della distorsione e del rumore in uscita dal Pio con segnali da c. 1 kHz, a -60 dB. Dall'alto: PHI, DEN, TEC (distanziati di 20 dB); banda di analisi limitata a 2 kHz. Le uniche componenti invariate sono il residuo alla frequenza di rete e le sue armoniche dispari (A); la diversa larghezza alla base della riga del segnale è prodotta dall'analizzatore, che lo ripartisce su un numero di bande tanto maggiore quanto più la frequenza del segnale differisce da quella di centro-banda; il livello del rumore è massimo con il PHI e minimo con il TEC, con una variazione di c. 3 dB. Ma il fenomeno più interessante è la distribuzione dei prodotti di IM (evidenziati da apici), che risultano in ogni caso reciprocamente distanziati della differenza tra la frequenza di campionamento e la 44ª armonica del segnale: gli intervalli sono perciò di 232 Hz per il PHI (se ne distinguono almeno 4 serie), di 43 Hz per il DEN e di 100 Hz per il TEC.

Graf. 18 - Spettrogrammi dei residui di distorsione e di rumore in uscita dal Pio durante la riproduzione di due segnali incisi sul PHI a 0 dB (distanziati di 30 dB). La frequenza del segnale è di 3.163 Hz sopra e di 3.150 Hz sotto. Poiché nel secondo caso si tratta di un sottomultiplo intero della frequenza di campionamento, si riscontra un incremento di quasi 4 dB nella 2ª armonica e di oltre 7 dB nella 3ª; inoltre compaiono le armoniche superiori; il livello del «rumore» invece diminuisce mediamente di 4~6 dB.



L'«Audio Test CD-1» della Japan Audio Society, fabbricato dalla CBS/Sony.

zioni (le risposte con enfasi), dove non è chiaro se si tratti di semplici imprecisioni o di determinazione inadeguata. L'enfasi è inoltre una delle aree in cui sembrano manifestarsi «inspiegabili» interazioni tra giraCD e CD-test; un'altra zona di dubbie interazioni è il rumore di fondo (in assenza di segnale), dove però i risultati forniti dai diversi CD-test sono consistenti se ci si accontenta di un'approssimazione, peraltro ragionevole, dell'ordine di 1 dB. La confrontabilità è di grado generalmente elevatissimo per le misure di linearità in frequenza e in ampiezza, mentre diventa ambigua e problematica per ciò che riguarda la distorsione ed il «rumore» in presenza di segnale, essenzialmente a causa della non perfetta coincidenza delle frequenze utilizzate, ciascuna delle quali introduce elementi caratteristici propri nella risposta modellata dal comportamento dell'apparecchio in prova: ciò determina complesse, ancorché giustificabilissime, interazioni tra CD-test e giraCD.

Naturalmente ogni valutazione di questi puri confronti di risultati strumentali — che si sono dimostrati ancora una volta assai meno univoci ed «oggettivi» di come vengono in genere considerati — va pesata alla luce delle diversità di contenuto dei CD-test, delle rispettive attitudini, della versatilità e della praticità operativa; ma si tratta di aspetti che esaurirebbero di per se stessi un articolo.