

Incontri organizzati dalla Sezione Italiana
dell'Audio Engineering Society
presso l'Auditorium della Discoteca di Stato.

20 settembre 1997

Intervento di Fabrizio Calabrese

Monitoraggio da Studio: fatti e misfatti dei sistemi di
altoparlanti per l'ascolto in sala regia
di uno studio di registrazione.

Il percorso evolutivo della tecnologia dei diffusori noti come
"monitor da studio" ha visto una lunga fase iniziale, fino agli
anni '70, in cui questi differivano ben poco dai migliori
diffusori domestici hi-fi, se non per una maggiore robustezza e
per la migliore linearità della risposta alle alte frequenze.

L'avvento e la diffusione delle registrazioni multitraccia, con la
delicata fase del missaggio, ha impresso un forte impulso allo
sviluppo di sistemi sempre più potenti e sofisticati, sino al
culmine verificatosi alla fine degli anni '80.

Gli anni '90 hanno visto un serio ridimensionamento nel settore,
con la tendenza a non integrare più il sistema di monitoraggio nel
trattamento acustico della regia, svincolandolo al punto di
avvicinare al massimo la posizione dei diffusori al punto di
ascolto: è nato e si è diffuso il concetto di monitoraggio
"nearfield" ovvero in campo ravvicinato.

I molti sostenitori di questa configurazione affiancano ad
indubbie motivazioni di carattere economico anche una serie di
vantaggi tecnici, che una approfondita analisi rivela appartenere
più al comparto delle aspirazioni che alla realtà oggettiva.

Il punto principale

Lo scopo primario di un sistema di monitoraggio è quello di
permettere di valutare l'equilibrio timbrico di una incisione, il
bilanciamento delle differenti tracce o sezioni orchestrali, la
qualità stessa della ripresa, anche in termini di immagine stereo.

Due requisiti sono indispensabili, tra gli altri, per far fronte a
questi impieghi:

- a)- Consistenza del livello di ascolto;
- b)- Estensione della risposta in frequenza.

La prima condizione deriva dalla caratteristica del sistema
uditivo umano di percepire un diverso bilanciamento timbrico a
seconda del livello di ascolto: è notissima la "scomparsa" delle

basse frequenze ai bassi livelli di ascolto, ma essa non è che uno dei molteplici fenomeni che intervengono al variare dei livelli di ascolto.

Ebbene, è del tutto impensabile bilanciare o valutare una incisione ad un livello di ascolto diverso da quello cui sarà sottoposto l'utente finale.

Disponiamo ormai di un'ampia mole di dati sugli effettivi livelli di ascolto sia nei cinema che nelle discoteche, essendo i primi il limite cui tendono i migliori impianti domestici (Home Theatre) ed i secondi quelli comuni nel settore del Car Audio.

Nei cinema come nelle discoteche sono comuni livelli medi compresi tra i 95 ed i 103 dB"A" Leq, con picchi comunemente situati intorno ai 120 deciBel Lineari (o con pesatura "C").

Il parlato televisivo e cinematografico resta attestato sui 70-75 dB"A" Leq, in media, con picchi non oltre i 100 deciBel (Lin.).

La seconda condizione è meno ovvia, ma studi compiuti decenni fa dimostrarono che l'equilibrio timbrico di un diffusore poteva essere mantenuto soltanto tagliandone la risposta simmetricamente ai due estremi della gamma audio: una nozione ampiamente dimenticata, dato che i diffusori moderni riproducono regolarmente i 18-20 kHz, ma ben pochi scendono efficacemente sotto i 60 Hz.

Il problema risiede anche nel fatto che, contrariamente ai registratori a nastro, specie multipista, che mostravano un taglio netto nella risposta alle bassissime frequenze, i moderni sistemi digitali raggiungono senza difficoltà quasi la corrente continua, come peraltro i convertitori in uscita alle tastiere elettroniche. Se a questo si aggiunge la generale tendenza a diminuire il numero di stadi di amplificazione analogica, di solito operazionali internamente accoppiati in continua, è ben possibile che le incisioni moderne possano contenere basse frequenze estese ed indistorte anche a livelli considerevoli.

Qualcuno lo avrà ormai dimenticato, ma i dischi in vinile imponevano ben precisi limiti di ampiezza per le basse frequenze, peraltro da misurare tassativamente al centro, monofoniche.

Non è un caso, dunque, che il passaggio dall'audio analogico al digitale abbia visto una rinnovata e profonda attenzione a tutti i problemi acustici connessi con la riproduzione di basse frequenze in ambienti chiusi.

Il problema delle basse frequenze: una soluzione non intuitiva.

Una prima soluzione al problema di riprodurre con precisione, dinamica e ripetibilità da regia a regia le basse frequenze ben al di sotto del limite dei tradizionali 50 Hz è stata quella di procedere parallelamente ad estendere la risposta dei sistemi di monitoraggio e ad aumentare gli spessori dei trattamenti acustici, fino a renderli efficaci alle stesse frequenze.

Non sono pochi, come si potrebbe immaginare, gli studi con regie dal pavimento in cemento flottante su sospensioni calibrate, con

pareti dello spessore di metri e costi dell'ordine delle centinaia di migliaia di sterline.

Ad un livello di costi più terreno insorgeva un problema dapprima individuato e studiato per i diffusori hi-fi domestici (R.Allison & R.Berkovitz, JAES July/Aug. 1972), poi meglio definito sulle pagine del Journal of AES da K.Ballagh (JAES Dec. 1983) e G.J.Adams (Preprint 2629, Mar. 1988): ponendo un diffusore ad una certa distanza da due-tre pareti se ne compromette sia la risposta in frequenza che la gamma dinamica alle basse frequenze.

Pure esistendo collocazioni ottimali (o meglio meno nefaste) è abbastanza impraticabile individuarle, sia per simulazione che per misurazione effettiva: resta la necessità di operare pesanti interventi di equalizzazione, con tutti i problemi dinamici connessi (proprio nella gamma dove sono più avvertibili).

I monitor Nearfield

Nulla di strano per il fatto che, seguendo un percorso del tutto logico, si sia suggerito di allontanare il più possibile i diffusori dagli angoli, o comunque dalla parete di fondo della regia: gli artefatti a carico della risposta si vanno così a collocare a frequenze più basse di quelle ancora riprodotte.

Una nuova superficie riflettente si avvicina, tuttavia: quella costituita dal pannello superiore dei grandi mixer da studio. Gli effetti delle riflessioni da questa sono più sottili: sostanzialmente prevedibili e spesso positivi in gamma bassa, "comb filtering" in gamma media. Gli effetti delle riflessioni in gamma medio-bassa e media diventano qui assai meno controllabili, in quanto dipendenti dalla posizione reciproca di diffusori ed ascoltatore (quest'ultimo di certo assai poco ancorabile).

Ascoltando poi a breve distanza è sufficiente una minima asimmetria della posizione di ascolto per spostare non solo i tempi di arrivo, ma anche gli stessi livelli di pressione dai diffusori, con un effetto moltiplicatore sullo spostamento della immagine stereo.

A livello di progetto dei diffusori vi è poi il non piccolo problema di dover realizzare filtri di incrocio adatti a posizioni di ascolto assai variabili in termini di distanze tra i trasduttori delle due vie adiacenti e l'ascoltatore.

In generale, un monitor "nearfield" non può essere ingombrante quanto necessario a consentire di dispiegare le migliori soluzioni progettuali in quanto a caricamento acustico. Restano praticabili solo configurazioni di basso rendimento, con escursioni dei coni assai consistenti anche per via del piccolo diametro dei trasduttori abilitati ad operare in diffusori di volume così ridotto.

Proviamo dunque ad immaginare un ascolto a livelli medi di 95-103 dB"A" Leq da due monitor "nearfield": ad uno o due metri saranno necessari da 5 a 40 watt continui, ovvero una sollecitazione termica tale da elevare la temperatura delle piccole bobine sino a minarne l'affidabilità a lungo termine, nonché la dinamica a breve, visto l'effetto di compressione connesso con il riscaldamento.

Più che i livelli medi sono i picchi ad essere indigesti a qualsiasi tipo di monitor di ridotte dimensioni: se moltiplichiamo i livelli precedenti di almeno un centinaio di volte, abbiamo almeno acquistato la certezza del clipping degli amplificatori.

Una dinamica tosata verso l'alto in fase di valutazione non è di per sé un problema ingovernabile, ma lo diventa in considerazione del fatto che i picchi sopportati da questi diffusori divengono assai più limitati allo scendere verso le basse frequenze.

A livello di progetto di un diffusore da studio di ridotte dimensioni si preferisce sempre operare un taglio precoce nella risposta alle basse frequenze, piuttosto che accettarne un pessimo comportamento se sottoposto a normali picchi e relativi sovraccarichi.

Il diffusore che ne emerge è discretamente efficiente e dotato di una dinamica sufficiente a farne sembrare credibile l'equilibrio di resa: in pratica nella incisione missata con esso troveremo invece basse frequenze esorbitanti ed impreviste, nemmeno controllate nella loro articolazione tonale.

Che sia già in atto un ripensamento in merito a questa configurazione di diffusori lo dimostra il rinnovato interesse nel progetto di regia in cui il bilanciamento tra segnale diretto e riflessioni a ritardo breve è ottenuto mediante una accurato orientamento delle pareti riflettenti più vicine ai diffusori (in modo di convogliarle al di fuori dell'area di ascolto (BBC, Walker: Preprint n.3543, Mar. 1993)).

Una soluzione alternativa

Anche senza dispiegare ambienti dalla struttura inutilmente costosa, è del tutto possibile realizzare regie di studio e sistemi di monitoraggio di prestazioni elevatissime ma posizionati normalmente a ridosso della parete di fondo dell'ambiente.

Configurando i monitor in forma di sorgenti cilindriche poste in angolo si minimizzano i contributi delle prime riflessioni da pavimento, soffitto e dalle due pareti adiacenti l'angolo ove è posto il diffusore. In gamma medio-alta ed alta sarà sufficiente una sorgente di media direttività ad equilibrare i livelli, senza incorrere negli effetti di prossimità e nella conseguente variazione della risposta in funzione della distanza di ascolto inevitabile con sorgenti estese.

Impiegando estensivamente risonatori a cavità per l'assorbimento e la diffrazione delle basse frequenze si scardina alla base il concatenamento di immagini speculari nitide e con pattern ripetitivi, che crea le irregolarità di risposta in gamma bassa: in pratica non è infrequente trovarsi dinanzi ad una risposta in gamma bassa che non necessita di alcuna equalizzazione.

La direttività della sorgente cilindrica è sufficiente a mantenere un margine a favore della emissione diretta anche in ambienti dal tempo di riverbero simile a quello delle abitazioni comuni (0.45-0.7 sec.): le condizioni di ascolto si avvicinano a quelle dell'utente finale (cinema inclusi), senza alcuna contropartita in termini né di neutralità timbrica né di immagine stereo.

Un passo avanti ulteriore può consistere nella delocalizzazione o nella estensione dell'area di emissione della gamma bassa. Un altro ancora, assai inconsueto, deriva dall'orientare i tweeters in modo di operare in riflessione: la variazione di livello in gamma altissima in funzione della posizione di ascolto si riduce drasticamente, come pure l'effetto delle riflessioni causate da tutti gli oggetti che circondano l'ascoltatore (asimmetrici, al solito...), mentre il rapporto tra i primi arrivi di energia e le successive riflessioni resta sullo stesso ordine di quello rilevabile in gamma media.

Numerosi grafici illustrano il livello di prestazioni raggiungibili mediante questa nuova configurazione di monitor, che fa fronte a tutte le istanze avanzate in concomitanza alla diffusione del monitoraggio in campo ravvicinato, senza sacrificare dinamica, nemmeno in gamma bassa.

Ascoltando una normale sorgente acustica in regia si rileva un fenomeno interessante, legato alla presenza dei risonatori: la struttura delle risonanze, fitta come quella di un ambiente di grandi dimensioni, favorisce una sensazione di vastità dello spazio circostante.

Il livello energetico delle riflessioni resta alto e piacevole, specie per chi suona strumenti acustici e può sforzarne meno l'emissione: la timbrica dello strumento resta sostanzialmente inalterata al variare della distanza di ripresa, diversamente da quanto avviene nelle regie e sale tradizionali, dove la distanza penalizza le alte frequenze e la definizione dei transienti.

Su questa linea di pensiero è possibile avanzare ancora, formulando configurazioni di regie e sistemi di monitoraggio ancora più avanzate di quelle presentate, che datano agli anni 1982-89.

I Grafici

Il Grafico n.1 mostra la risposta rilevata via FFT per i primi 50 millisecc. della risposta all'impulso di un sistema monitor-ambiente innovativo: il sistema di monitor è a sorgente cilindrica in angolo e l'ambiente è trattato estensivamente con risonatori a cavità.

Il Grafico n.2 mostra la FFT del campione completo di risposta all'impulso (500 msec.): la risposta è praticamente coincidente con quella del grafico precedente, a conferma sia della prevalenza del campo diretto che della linearità del campo riverberato.

Il Grafico n.3 mostra il particolare succedersi degli arrivi di energia per la gamma altissima (1250/20.000 Hz): trattandosi di tweeters impiegati a riflessione è appena visibile un primissimo arrivo diretto (spillover), seguito dall'arrivo principale e, quindi, da tutte le riflessioni ambientali.

La diffusione operata da questa configurazione di emissione consente una eccellente densità di riflessioni, nessuna delle quali emerge al di sopra del fitto tappeto di arrivi: questo è il contesto che esalta i meccanismi naturali di mascheramento posti in atto dal sistema uditivo umano.

In questa gamma di frequenze, con sistemi tradizionali, è facile rilevare riflessioni discrete, ascrivibili a superfici ben individuabili ed abbastanza distanziate nel tempo da non attivare i meccanismi di mascheramento.

Il Grafico n.4 mostra una eguale successione di arrivi di energia in gamma media (63/1000 Hz), sempre con una emissione principale ben netta, anche ad oltre 5 metri dai diffusori, ed una serie fitta e monotonica di riflessioni tra cui nessuna si staglia al di sopra delle precedenti. Un comportamento ideale in gran parte dovuto alla configurazione di monitor a sorgente cilindrica in angolo.

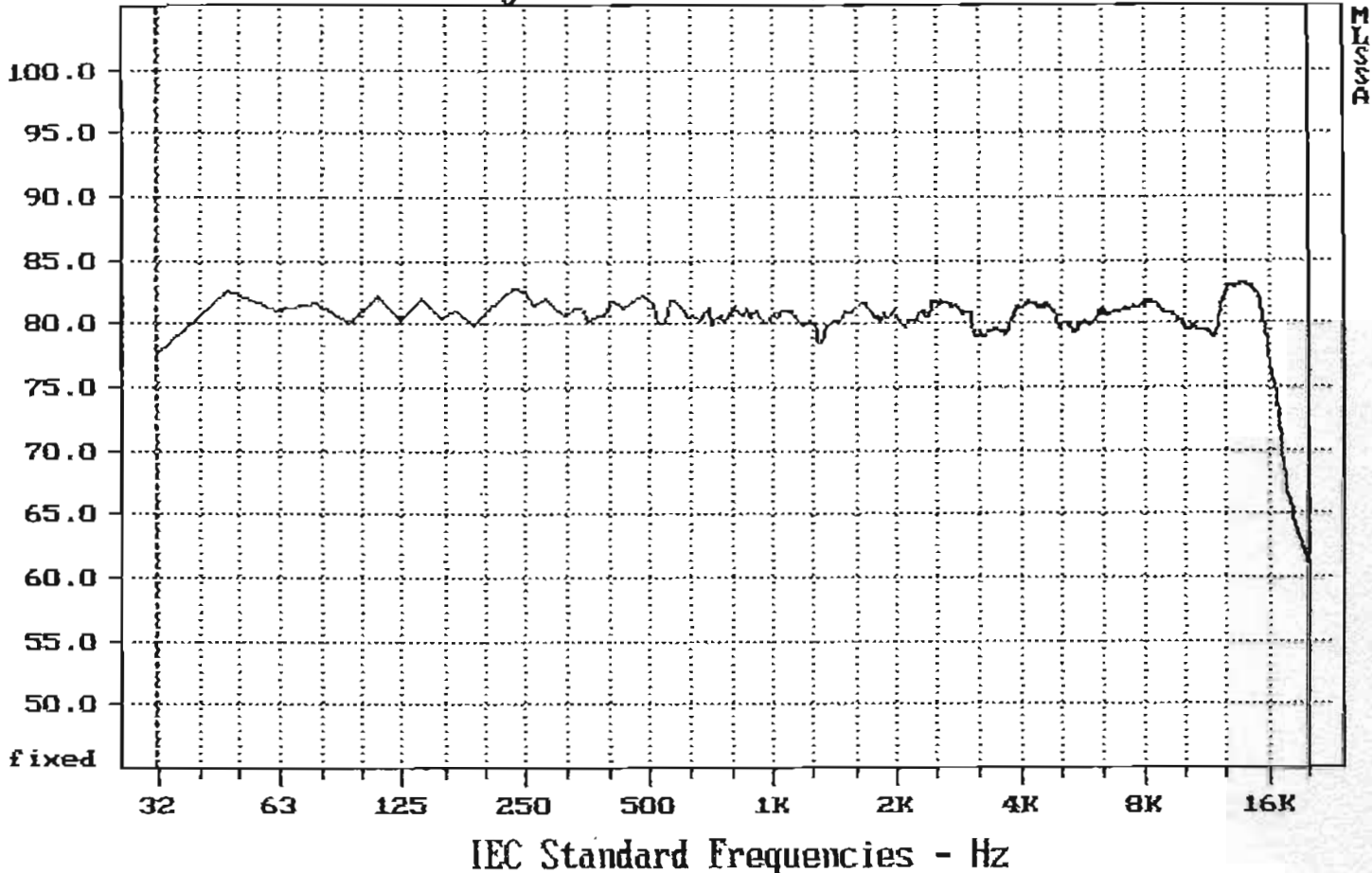
Ai risonatori ed alla loro eccezionale capacità di diffondere il campo sonoro si deve il risultato visibile nel Grafico n.5, che mostra l'andamento della Energia rispetto al Tempo nella gamma di frequenze da 32 a 500 Hz: ancora una volta è visibile un primo arrivo ben netto, da oltre 5 metri dalla posizione di misura, ed una serie continua di riflessioni tipica di un campo diffuso.

Il Grafico n.6 mostra, sotto forma di Waterfall, il decadimento nello stesso ambiente, nella gamma di frequenze tra 15 e 300 Hz e ad ambiente del tutto spoglio: dopo 660 millisecondi si stagliano nette alcune risonanze.

Il Grafico n.7 mostra la notevole efficacia ma anche i pericoli dell'impiego dei risonatori: con 34 unità, accordate sui modi principali di risonanza dell'ambiente, è visibile una netta riduzione del riverbero, ma residuano ancora un ridotto numero di risonanze che, isolate e staccate tra loro come sono, sono ancora più percepibili e fastidiose all'ascolto. In pratica l'ambiente trattato in misura parziale era udibilmente peggiore della stanza vuota originale: non ho dubbi che tra i molti che hanno tentato ed abbandonato l'impiego dei risonatori ve ne siano di quelli incappati in questa occorrenza.

Il Grafico n.8 mostra il risultato del trattamento completo: l'unica risonanza residua è quella del diffusore impiegato nella misurazione (non il sistema definitivo, ma un diffusore hi-fi commerciale): il campo riverberato è finalmente diffuso, un risultato inconsueto in questa gamma di frequenze.

Transfer Function Mag - dB Pa/volts (0.33 oct) (re: 2.00E-005)



CUBSOR: y = 61.1086 x = 20011.7802 (1291)

primi 50 millisecondi (FFT size=4096)

11-10-93 10:41 PM

MLSSA: Frequency Domain

Acquisition
 mode: CrossCorrelation
 length: 32768 samples (516.1 msec)
 sample rate: 63.5 kHz (15.8 fsecs)
 Concurrent pre-average cycles: 16
 Autorange: enabled
 Antialiasing filter
 type: Chebyshev
 bandwidth: 20 kHz
 gain: 10 (q 1 Pa range)
 Trigger
 type: Stimulus trigger
 delay: 0 samples (0 msec)
 Units
 acquisition: 2 Pa/volt
 stimulus: 1 volts/volt
 Tracking
 filename:
 precursor: G:\MLS\REGIA-03.TIM
 acquisition date: 5-19-91 6:45 PM
 dynamic range: 76%
 (unequalized) ref: NONE
 comment:

Stimulus
 Burst MLS
 amplitude: 9.1005 volts
 rep-rate: 0.9688 Hz
 period: 65535 samples
 - 1032 msec

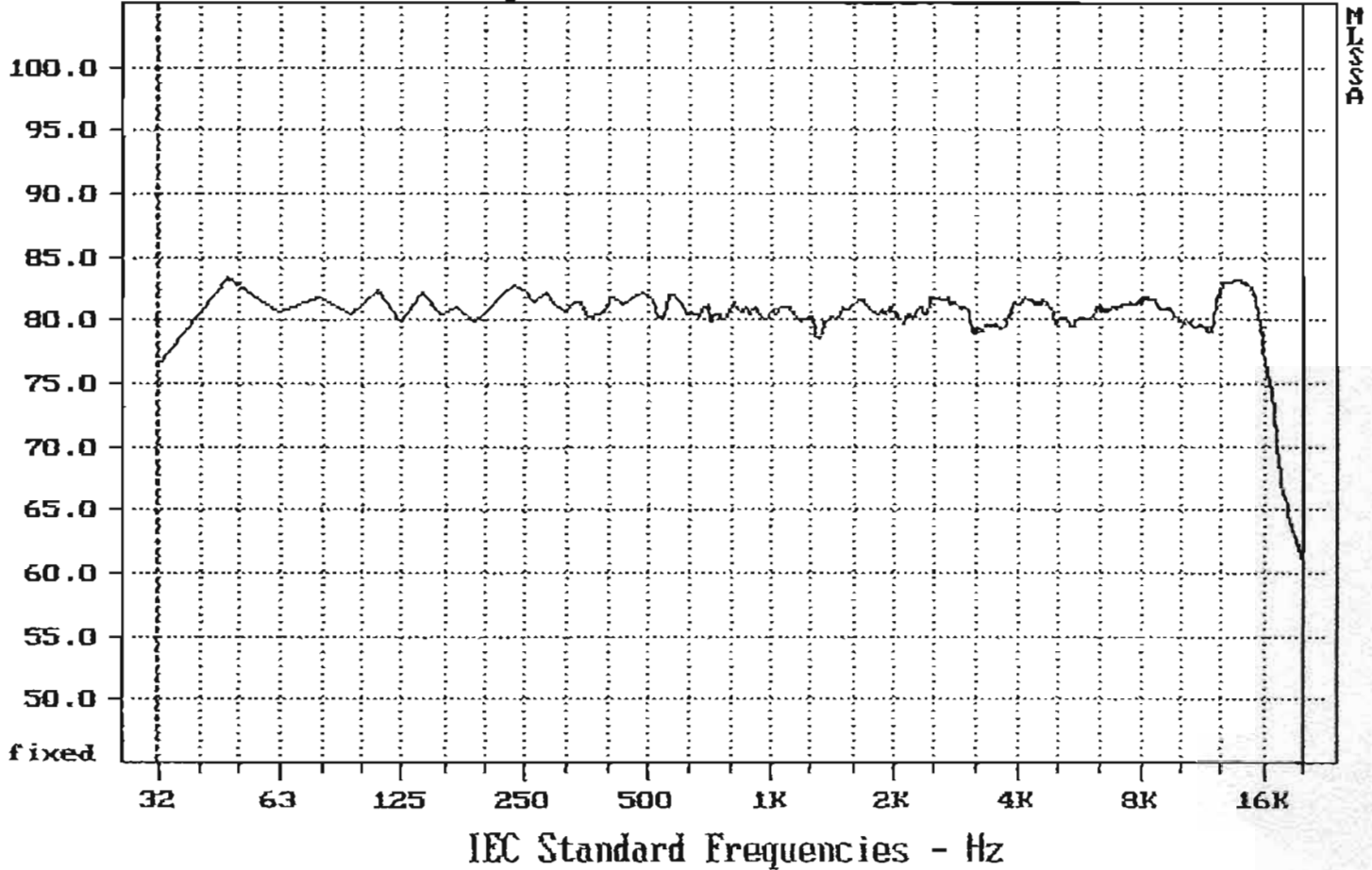
FFT parameters
 window: rectangular
 from 13.31 to 63.32 msec
 true-resolution: 20.00 Hz
 fft-size: 4096 points
 phase dly: 0.000
 fft-mode: Transfer Function

11-10-93 10:42 PM

MLSSA: Main Info

Grafico n. 1

Transfer Function Mag - dB Pa/volts (0.33 oct) (re: 2.00E-005)



CURSOR: y = 61.1234 x = 20011.7802 (1291)

campione completo (500 millisecondi) FFT=4096

11-10-93 10:45 PM

MLSSA: Frequency Domain

Acquisition
mode: CrossCorrelation
length: 32768 samples (516.1 msec)
sample rate: 63.5 kHz (15.8 fsecs)
Concurrent pre-average cycles: 16
Autorange: enabled
Antialiasing filter
type: Chebyshev
bandwidth: 20 kHz
gain: 10 (q 1 Pa range)
Trigger
type: Stimulus trigger
delay: 0 samples (0 msec)
Units
acquisition: 2 Pa/volt
stimulus: 1 volts/volt
Tracking
filename:
precursor: G:\MLS\REGIA-03.TIM
acquisition date: 5-19-91 6:45 PM
dynamic range: 76%
(unequalized) ref: NONE
comment:

Stimulus
Burst MLS
amplitude: q 1.005 volts
rep-rate: 0.9688 Hz
period: 65535 samples
1032 msec

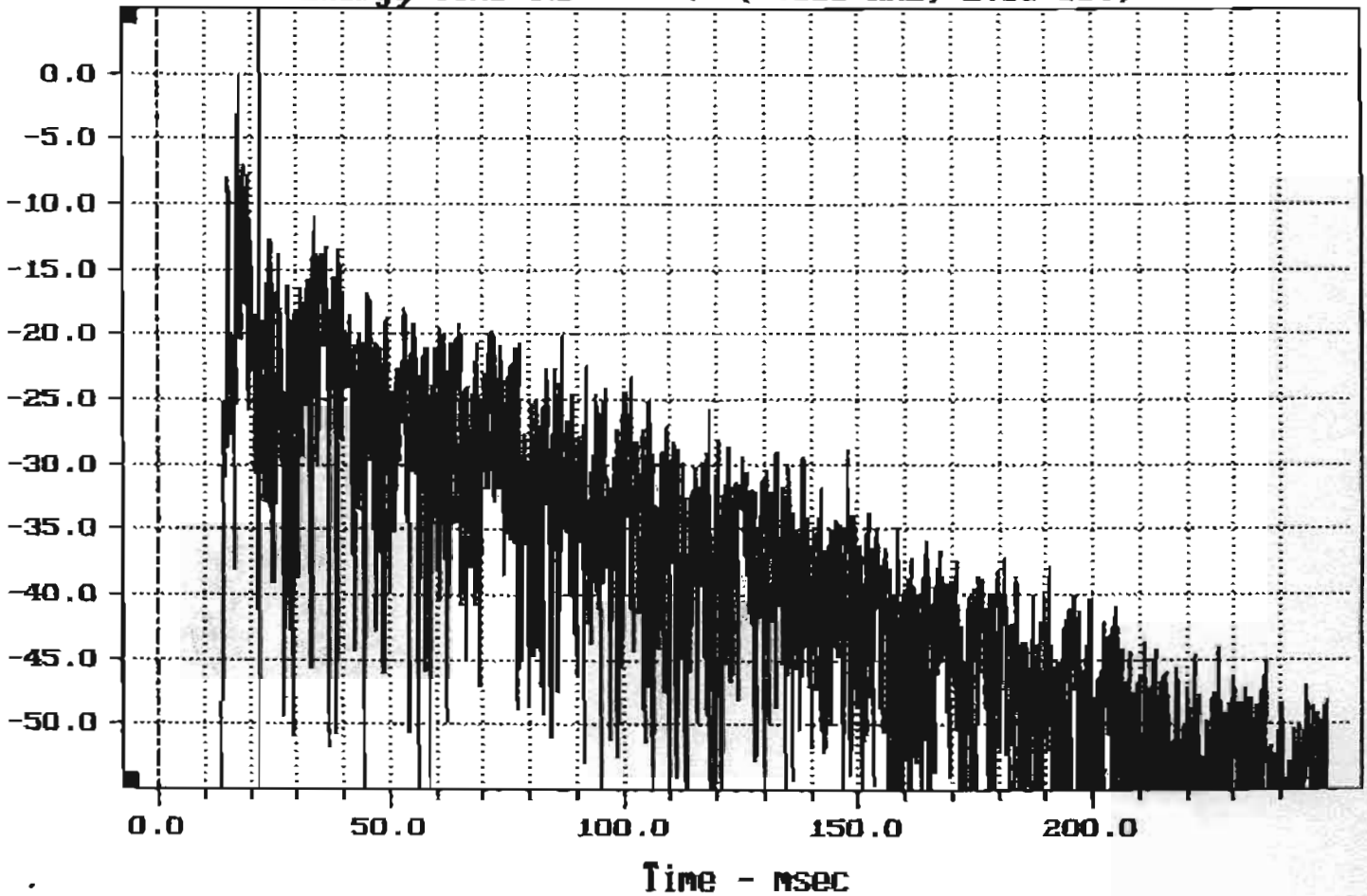
FFT parameters
window: rectangular
from 0.00 to 516.08 msec
true-resolution: 15.50 Hz
fft-size: 4096 points
phase dly: 0.000
fft-mode: Transfer Function

11-10-93 10:46 PM

MLSSA: Main Info

Grafico n.2

File: B:\REGIA-03.TIM 5-19-91 6:45 PM
 Filtered Energy-Time Curve - dB (5.000 kHz, 2.00 oct)



reverb/direct ratio = -1.30 dB (direct/reverb = 1.30 dB)

D/R (20 ms) = 5.04 dB

5-19-91 11:14 PM

MLSSA: Time Domain

Acquisition
 mode: CrossCorrelation
 length: 32768 samples (516.1 msec)
 sample rate: 63.5 kHz (15.8 rsecs)
 Concurrent pre-average cycles: 16
 Autorange: enabled

Stimulus
 Burst MLS
 amplitude: 1.005 volts
 freq: 0.9688 Hz
 period: 65335 samples
 1032 msec

Antialiasing filter
 type: Chebyshev
 bandwidth: 20 kHz
 gain: 10 (q 1 Pa range)
 Trigger
 type: Stimulus trigger
 delay: 0 samples (0 msec)

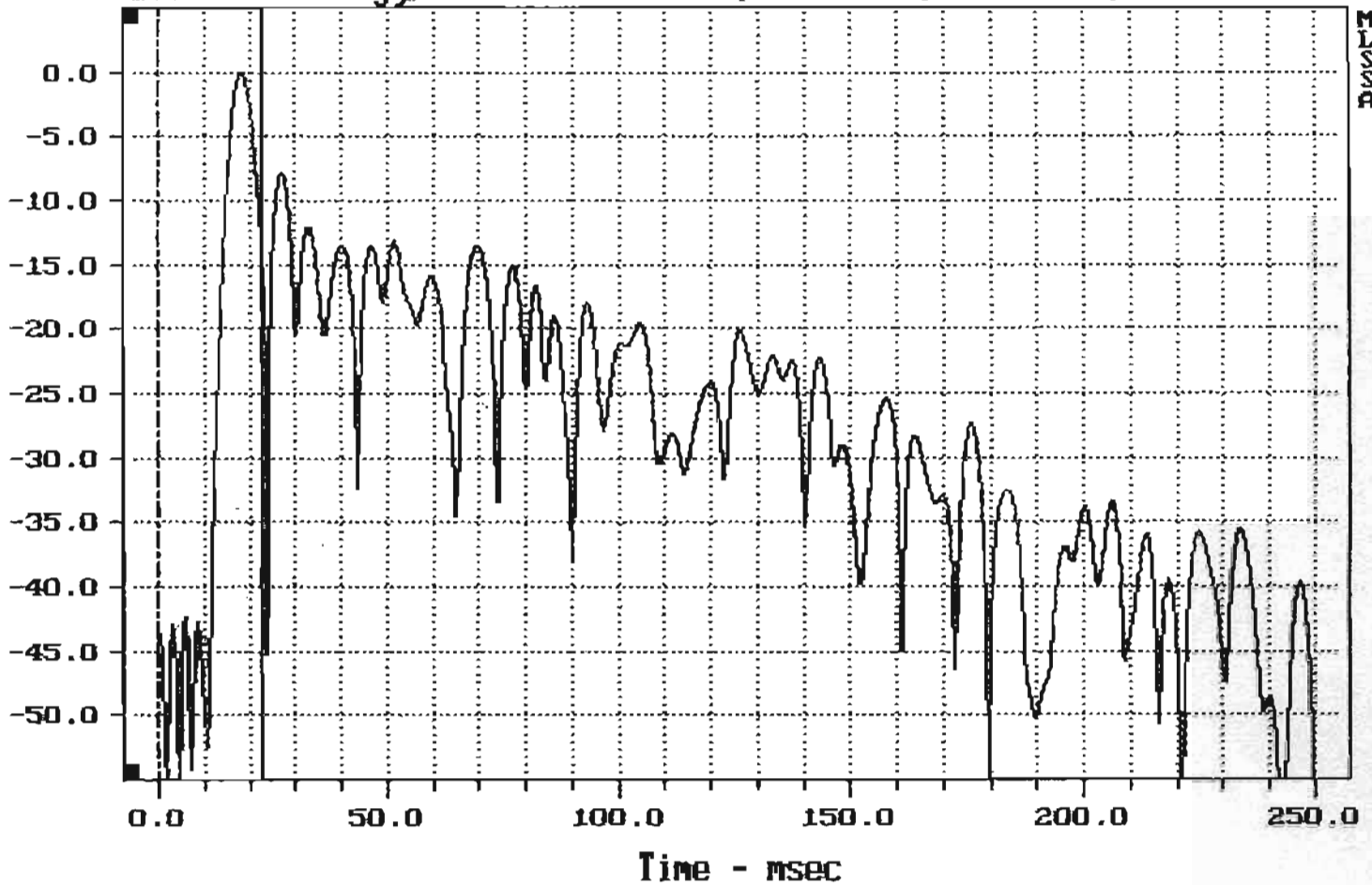
Units
 acquisition: 2 Pa/volt
 stimulus: 1 volts/volt
 Tracking
 filename: B:\REGIA-03.TIM
 precursor: acquisition
 acquisition date: 5-19-91 6:45 PM
 dynamic range: 76%
 comment: Regia P. Daniele, 4 Volt, 2/3 indietro in asse, L-ch.

5-19-91 11:18 PM

MLSSA: Transfer Header

Grafico n.3

File: B:\REGIA-04.TIM 5-19-91 6:49 PM
 Filtered Energy-Time Curve - dB (0.250 kHz, 2.00 oct)



reverb/direct ratio = -3.11 dB (direct/reverb = 3.11 dB)

D/R (20 ms) = 5.82 dB

5-20-91 1:02 AM

MLSSA: Time Domain

Acquisition
 mode: CrossCorrelation
 length: 32768 samples (8192 msec)
 sample rate: 4 kHz (250 fsecs)
 Concurrent pre-average cycles: 1
 Autorange: enabled
 Antialiasing filter
 type: Butterworth
 bandwidth: 1 kHz
 gain: 10 (q 1 Pa range)
 Trigger
 type: Stimulus trigger
 delay: 0 samples (0 msec)
 Units
 acquisition: 2 Pa/volt
 stimulus: 1 volts/volt
 Tracking
 filename: B:\REGIA-04.TIM
 precursor: acquisition
 acquisition date: 5-19-91 6:49 PM
 dynamic range: 88%
 comment: Regia F. Daniele, 2,83 Volt, 2/3 indietro in asse, L-ch

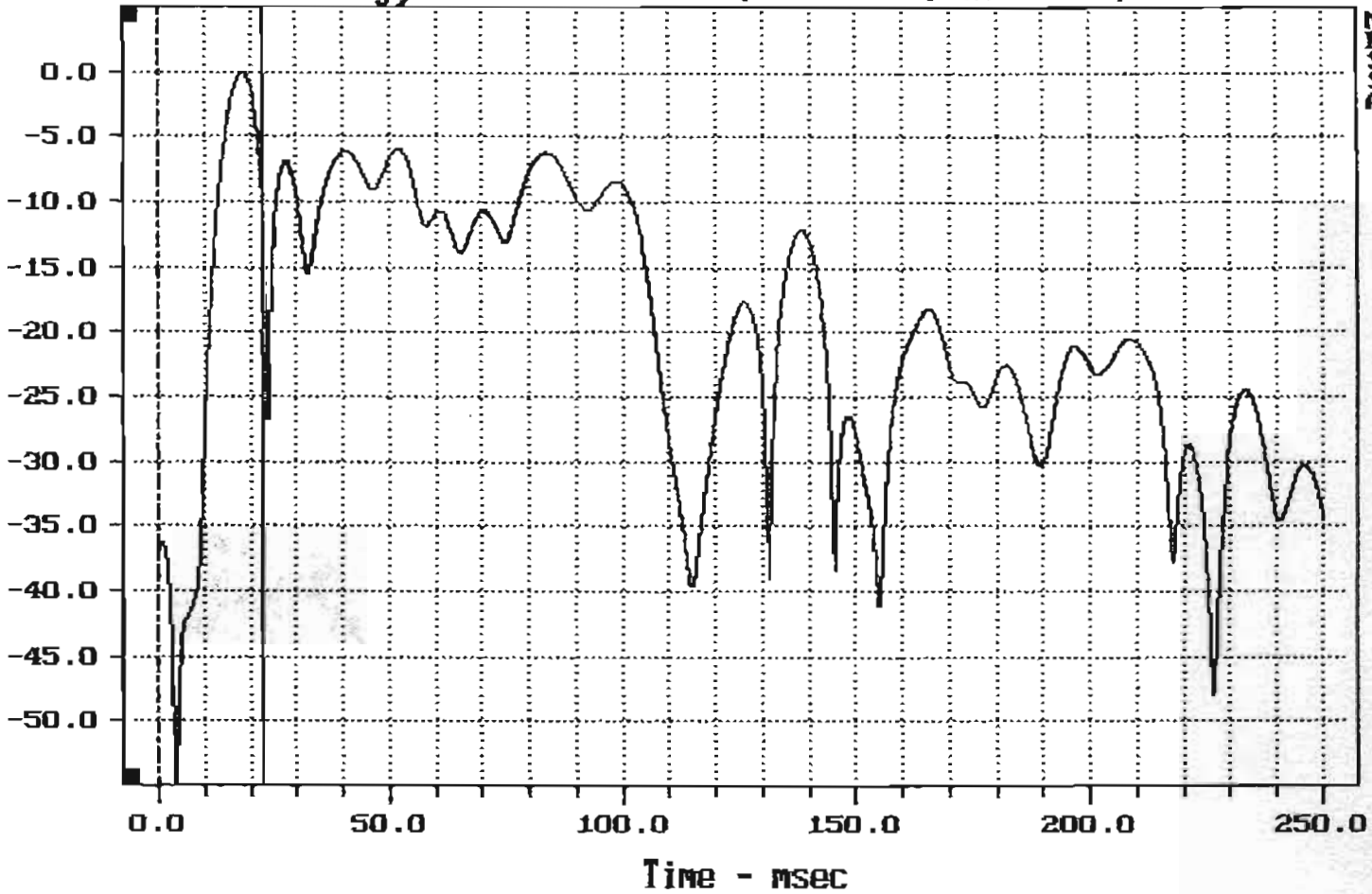
Stimulus
 Burst MLS
 amplitude: q 1.005 volts
 freq: 0.06104 Hz
 period: 65535 samples
 16380 msec

5-20-91 1:06 AM

MLSSA: Transfer Header

Grafico n.4

File: B:\REGIA-04.TIM 5-19-91 6:49 PM
 Filtered Energy-Time Curve - dB (0.125 kHz, 2.00 oct)



reverb/direct ratio = 2.83 dB (direct/reverb = -2.83 dB)

D/R (20 ms) = -1.25 dB

5-20-91 12:50 AM

MLSSA: Time Domain

Acquisition
 mode: CrossCorrelation
 length: 32768 samples (8192 msec)
 sample rate: 4 kHz (250 fsecs)
 Concurrent pre-average cycles: 1
 Autorange: enabled
 Antialiasing filter
 type: Butterworth
 bandwidth: 1 kHz
 gain: 10 (q 1 Pa range)
 Trigger
 type: Stimulus trigger
 delay: 0 samples (0 msec)

Stimulus
 Burst MLS
 amplitude: q 1.005 volts
 freq: 0.06104 Hz
 period: 65535 samples
 16380 msec

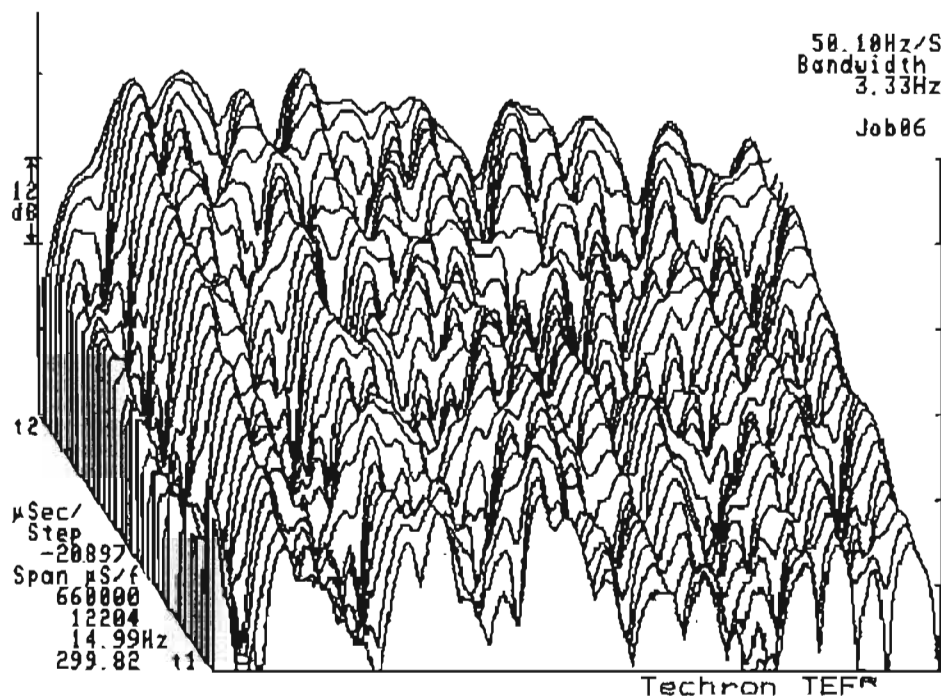
Units
 acquisition: 2 Pa/volt
 stimulus: 1 volts/volt
 Tracking
 filename: B:\REGIA-04.TIM
 precursor: acquisition
 acquisition date: 5-19-91 6:49 PM
 dynamic range: 88%
 comment: Regia P.Daniele, 2,83 Volt, 2/3 indietro in asse, L-ch

5-20-91 12:54 AM

MLSSA: Transfer Header

Grafico n. 5

3-D of EMPTY ROOM
By FC
On 20/5/1990
At VGL



Vertical: 12dB/div with base of display at 90.0dB
0dB is located at .00002 v/Pa

Horizontal: 14.99Hz to 299.82Hz
scale: 77.88Hz/inch or 30.66Hz/cm.

Resolution: 2.2867E+01 mt & 1.5044E+01Hz

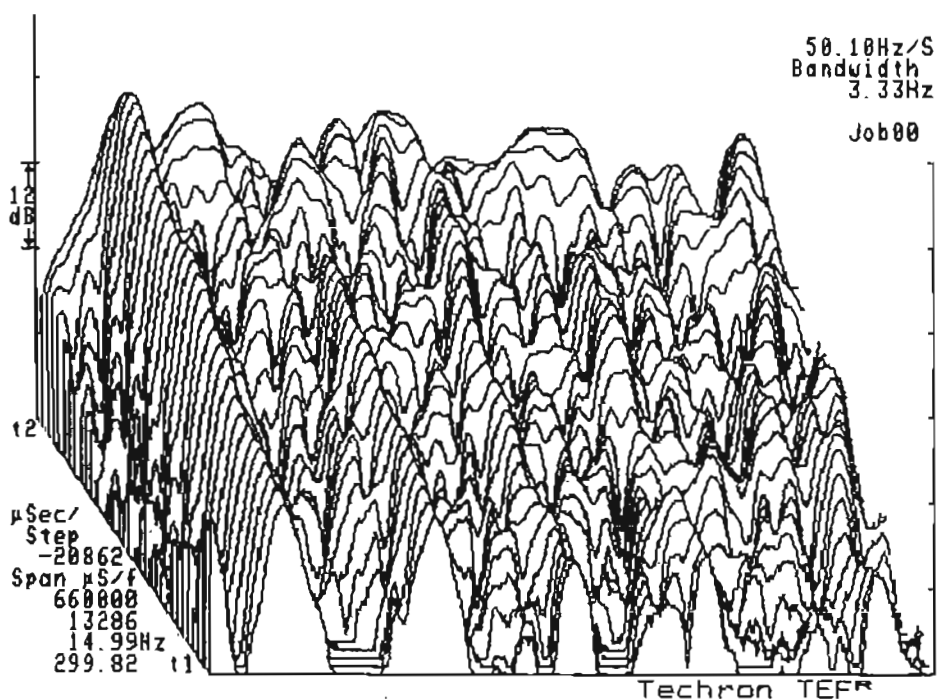
Time of test: 660000 microseconds 2.2704E+02 mt (front)
to 12204 microseconds 4.1980E+00 mt (back)
-20897 microseconds/step or -7.188451483871 mt.

Sweep Rate & Bandwidth: 50.10Hz/Sec & 3.3300E+00Hz

Input configuration: Non-inverting
with 12dB of input gain & 9dB of IF gain.

Remarks:

3-D of ROOM
By FC
On 25/5/1990
At VGL



Vertical: 12dB/div with base of display at 93.0dB
0dB is located at .00002 v/Pa

Horizontal: 14.99Hz to 299.82Hz
scale: 77.88Hz/inch or 30.66Hz/cm.

Resolution: 2.2867E+01 mt & 1.5044E+01Hz

Time of test: 660000 microseconds 2.2704E+02 mt (front)
to 13286 microseconds 4.5702E+00 mt (back)
-20862 microseconds/step or -7.176444774193 mt

Sweep Rate & Bandwidth: 50.10Hz/Sec & 3.3300E+00Hz

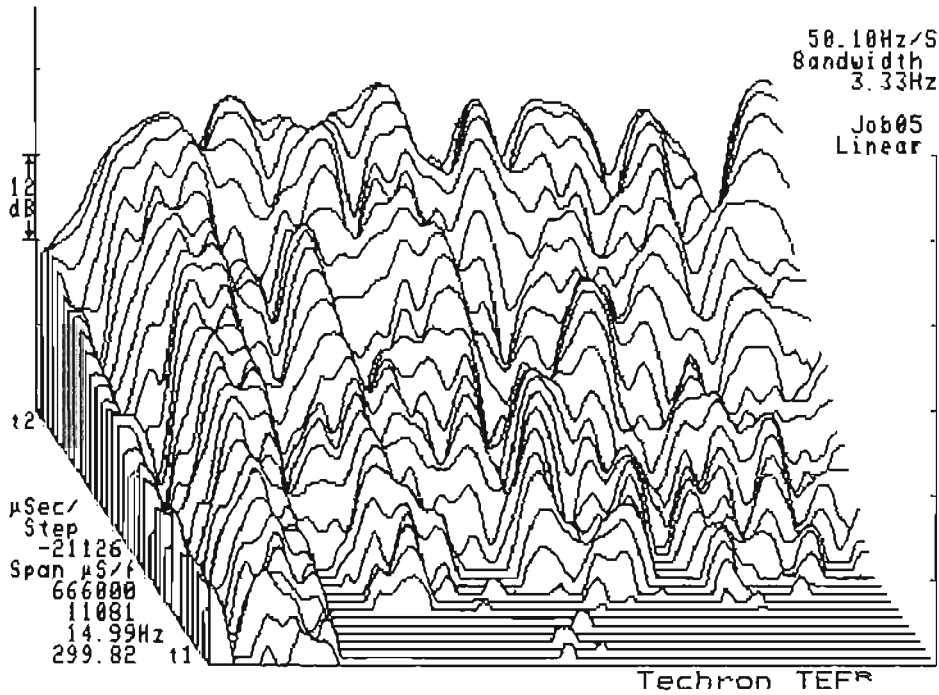
Input configuration: Non-inverting
with 12dB of input gain & 6dB of IF gain.

Remarks:

C0N 34 RISONATORI
0

Grafico n.7

3-D of MAX ABSORPTION
 By FC
 On 25/7/1990
 At VGL



Vertical: 12dB/div with base of display at 90.0dB
 0dB is located at .00002 v/Pa

Horizontal: 14.99Hz to 299.82Hz
 scale: 77.88Hz/inch or 30.66Hz/cm.

Resolution: 2.2867E+01 mt & 1.5044E+01Hz

Time of test: 666000 microseconds 2.2910E+02 mt (front)
 to 11082 microseconds 3.8120E+00 mt (back)
 -21126 microseconds/step or -7.267482709677 mt

Sweep Rate & Bandwidth: 50.10Hz/Sec & 3.3300E+00Hz

Input configuration: Non-inverting
 with 12dB of input gain & 9dB of IF gain.

Remarks:

ALL RES.+7+26 FONITEK PANELS

5