

Fabrizio Calabrese
Consulente in Elettroacustica
Roma, via R. Grazioli Lante 70
Tel.:06/3201424; FAX:06/3207857

Relazione sui rilievi inerenti la trasmissione di energia acustica dal locale "El Charango" all'adiacente albergo.

Il locale "El Charango" è sito in Roma, in via di Sant'Onofrio 28, ed è sviluppato in un ambiente principale di circa 110 m², a livello terreno, più annessi ed interrato. La pista da ballo è di 6 X 3 metri ed è posta centralmente. Il locale confina direttamente con un albergo, lungo la parete opposta all'ingresso.

Una precedente relazione mostra il grado di abbattimento delle emissioni acustiche già all'interno del locale, cioè, in pratica, la differenza tra i livelli di pressione in pista e quelli rilevabili in varie posizioni lungo il perimetro del locale, a due-tre metri dalla pista.

Questa relazione intende invece mostrare il differenziale tra i livelli di pressione acustica rilevabili in pista, nel locale, e quelli rilevabili nella più disturbata delle camere dell'adiacente albergo; questo anche allo scopo di individuare il livello massimo di operazione dell'impianto audio oltre il quale si eccede la vigente normativa in fatto di immissioni.

Allo scopo di ottenere risultati univoci e ripetibili è stata impiegata una strumentazione di particolare sofisticazione:

- a)-Microfono di misura Bruel & Kjaer mod. 4176
- b)-Fonometro integratore B & K mod. 2221, come preamplificatore
- c)-Analizzatore MLSSA
- d)-Calibratore Bruel & Kjaer mod. 4230, di recente taratura.

L'analizzatore MLSSA impiega come segnale analitico una sequenza di impulsi pseudorandom, che viene inviata agli amplificatori ed ai diffusori; il segnale ripreso dal microfono di misura viene quindi convertito in sequenza digitale e correlato con la sequenza analitica, ottenendo la risposta all'impulso del sistema misurato, nelle sue due componenti, reale ed immaginaria (doublet). Dalla risposta impulsiva complessa è possibile, tramite algoritmo FFT, ricavare la risposta in frequenza del sistema misurato. Dall'envelope del vettore risultante dalle due componenti della risposta impulsiva è possibile graficare su scala logaritmica (in deciBel) l'andamento della Energia Acustica rispetto al Tempo (Energy-Time Curves).

La risposta impulsiva può anche essere analizzata per bande di frequenze particolari, allo scopo di diagnosticare fenomeni non direttamente visibili nel dato grezzo.

Va subito premesso che il risultati di questi rilievi sono tutt'altro che conclusivi, in quanto le prestazioni di

abbattimento della trasmissione di energia acustica dalla pista del locale "El Charango" all'albergo adiacente sono talmente elevate, grazie soprattutto alla adozione di un nuovo tipo di impianto audio ad elevatissima direttività, che non appare possibile individuare alcun passaggio di energia anche ricorrendo ad alcune possibilità di analisi avanzata consentite praticamente solo a questo tipo di analizzatore.

In pratica, anche con livelli in pista di 116 deciBel continui e medi, non è possibile individuare alcuna trasmissione di segnale che superi il fondo di rumore normalmente presente nella stanza n.105, la più vicina al locale, nonostante le finestre chiuse abbiano attenuato il rumore stradale.

I primi tre grafici

I grafici "A", "B" e "C" mostrano la risposta in frequenza tramite FFT dei primi 500 millisecondi della risposta impulsiva rilevata dall'analizzatore MLSSA, collegato via radio al fonometro B&K 2221 ed al microfono di misura (B&K 4176), entrambi posti all'interno della camera n.105, a finestra e porta chiuse.

Il grafico "A" mostra lo spettro del rumore di fondo, campionato casualmente ed a impianto audio spento e quindi mediato per terzi di ottava; sono evidenti due stretti picchi a 500 e 1500 Hz, quasi certamente da attribuire al sistema di ventilazione e condizionamento dell'albergo.

Il grafico "B" mostra il risultato di un analogo rilievo effettuato tre minuti dopo, ma questa volta ad impianto audio operante ad un livello di riferimento di 101 deciBel (media RMS della funzione di trasferimento rilevata in pista). E' stata impiegata una particolare possibilità offerta dall'analizzatore per rimuovere il fondo di rumore ed evidenziare le emissioni provenienti dall'impianto; la misura è stata ripetuta 16 volte e mediata, ottenendo una riduzione di 12 dB del rumore di fondo, senza intaccare il segnale proveniente dal locale che è perfettamente identico nelle 16 ripetizioni e dunque correla positivamente. Operando in questo modo, qualora vi fosse stato alcun passaggio di energia acustica dal locale alla stanza dell'albergo adiacente, esso sarebbe stato ben evidenziato da una netta variazione dello spettro nel grafico; nulla del genere è visibile nel grafico "B", che è letteralmente sovrapponibile al grafico "A", fatta salva proprio la riduzione di poco meno di 12 dB del livello generale, dovuta alle 16 reiterate misurazioni.

A questo punto è stata tentata una nuova via per evidenziare l'eventuale presenza di emissioni dal locale: è stato elevato di più di 12 dB il livello medio di pressione acustica in pista, raggiungendo i 116 dB (verificati con un apposito rilievo, alla fine della sessione di misure).

Il grafico "C" mostra quanto è stato rilevato nella stanza n.105 con 116 dB nella pista del locale "El Charango": esattamente lo stesso livello e lo stesso spettro del grafico precedente, cioè il semplice rumore di fondo dell'ambiente, con le solite evidenti

componenti del sistema di ventilazione, nemmeno avvicinate dalle immissioni provenienti dal locale.

Per la cronaca, livelli continui di 116 dB sono assolutamente non sopportabili da alcun ascoltatore se non per tempi dell'ordine dei secondi, pena lesioni permanenti all'apparato uditivo.

Un approfondimento di controllo

Risultati estremi come quelli precedenti inducono una naturale cautela nell'accettare i dati e suggeriscono di ampliare l'analisi, ricorrendo ad una delle possibilità di elaborazione dei dati offerte dall'analizzatore MLSSA.

Le curve dell'andamento della Energia Acustica rispetto al Tempo (Energy-Time Curves) mostrano il succedersi degli arrivi di energia provenienti sia dai diffusori che dalle riflessioni nel locale, frammisti agli artefatti prodotti dal fondo di rumore nella camera n.105, ove era posto il microfono di misura.

Riducendo la gamma delle frequenze considerate a quelle sotto i 2 KHz si ha la possibilità di rilevare arrivi di energia per un intervallo di misura di oltre quattro secondi, includendo dunque i percorsi più tortuosi di trasmissione e, soprattutto, concentrando l'analisi sulle frequenze medie e basse, quelle di maggiore trasmissibilità oltre le pareti.

Il grafico "D" mostra gli arrivi di energia nella camera n.105 con l'impianto audio del locale operante a 101 deciBel: nessuno dei primi arrivi, gli unici attribuibili a trasmissione dal locale, è di qualche dB superiore ai successivi, che sono chiaramente artefatti da rumore di fondo.

In particolare il picco a circa 1,6 secondi non può che derivare da un rumore stradale, visto che un arrivo dai diffusori del locale avrebbe dovuto percorrere oltre 500 metri in aria (di più nei muri) e sarebbe di certo preceduto da altri arrivi più consistenti.

Il grafico "E" è stato rilevato con gli stessi parametri di misura, ma ad impianto spento: gli arrivi di energia si succedono con lo stesso andamento casuale visibile nel grafico precedente, confermando che anche nel caso precedente era visibile solo rumore.

Un ulteriore approfondimento dell'analisi

La conferma definitiva della pratica impossibilità a rilevare arrivi di energia dall'impianto audio del locale "El Charango" scaturisce da una nuova e più approfondita analisi dei dati.

Processando digitalmente i dati grezzi della risposta impulsiva, filtrandola per un intervallo di due sole ottave centrato sui 100 Hz ed esteso da 50 a 200 Hz, si evidenzia la banda di frequenze più critica per la trasmissione da locale chiuso ai vani adiacenti. Frequenze al di sotto dei 50 Hz possono facilmente

essere mascherate dal fondo di rumore dato dal traffico veicolare di un grande centro urbano, mentre sopra ai 200 Hz le mura sono assai più efficaci come isolanti, per vari motivi.

Il grafico "F" è appunto la risposta all'impulso rilevata ad impianto audio del locale spento, acquisendo dunque solo rumori di fondo: il livello visibile nel grafico è quello reale, senza medie che ne attenuino l'entità.

A confronto, il grafico "G", rilevato con l'impianto operante a 101 dB, resta del tutto comparabile, ed anzi il livello medio assai minore (basta osservare la scala verticale) è evidentemente dovuto alle 16 reiterazioni della misurazione. Va precisato, a questo punto, che una media tra 16 misure diminuisce il livello del fondo di rumore di 12 dB, lasciando intatto il contributo delle emissioni dai diffusori.

Il grafico "H" è di interesse estremo, in quanto mostra la risposta all'impulso, sempre con il microfono di misura nella stanza n.105 dell'albergo adiacente il locale "El Charango", ma con il livello in pista elevato a 116 decibel continui. Se il livello degli arrivi di energia nella camera dovesse aumentare in proporzione, l'ampiezza della risposta all'impulso verrebbe moltiplicata di decine di volte: nulla di tutto questo, ma un piccolo aumento, dell'ordine di un solo deciBel, con un ritardo di propagazione attorno ai 100 millisecondi, del tutto ragionevole per attribuire l'arrivo ad una riflessione dal locale.

Conclusioni

Analisi particolareggiate della funzione di trasferimento della energia acustica dalla pista del locale "El Charango" alla stanza n.105 dell'albergo adiacente (con un muro in comune), mostrano che nemmeno con livelli di pressione in pista di 116 decibel continui è evidenziabile con chiarezza alcun arrivo di energia che emerga dal rumore di fondo della camera.

Estendendo l'analisi da un intervallo temporale di mezzo secondo (172 metri, in aria) ad uno di quattro secondi (1,3 Km, in aria) non emerge ancora alcun arrivo non dovuto ad artefatti da rumore.

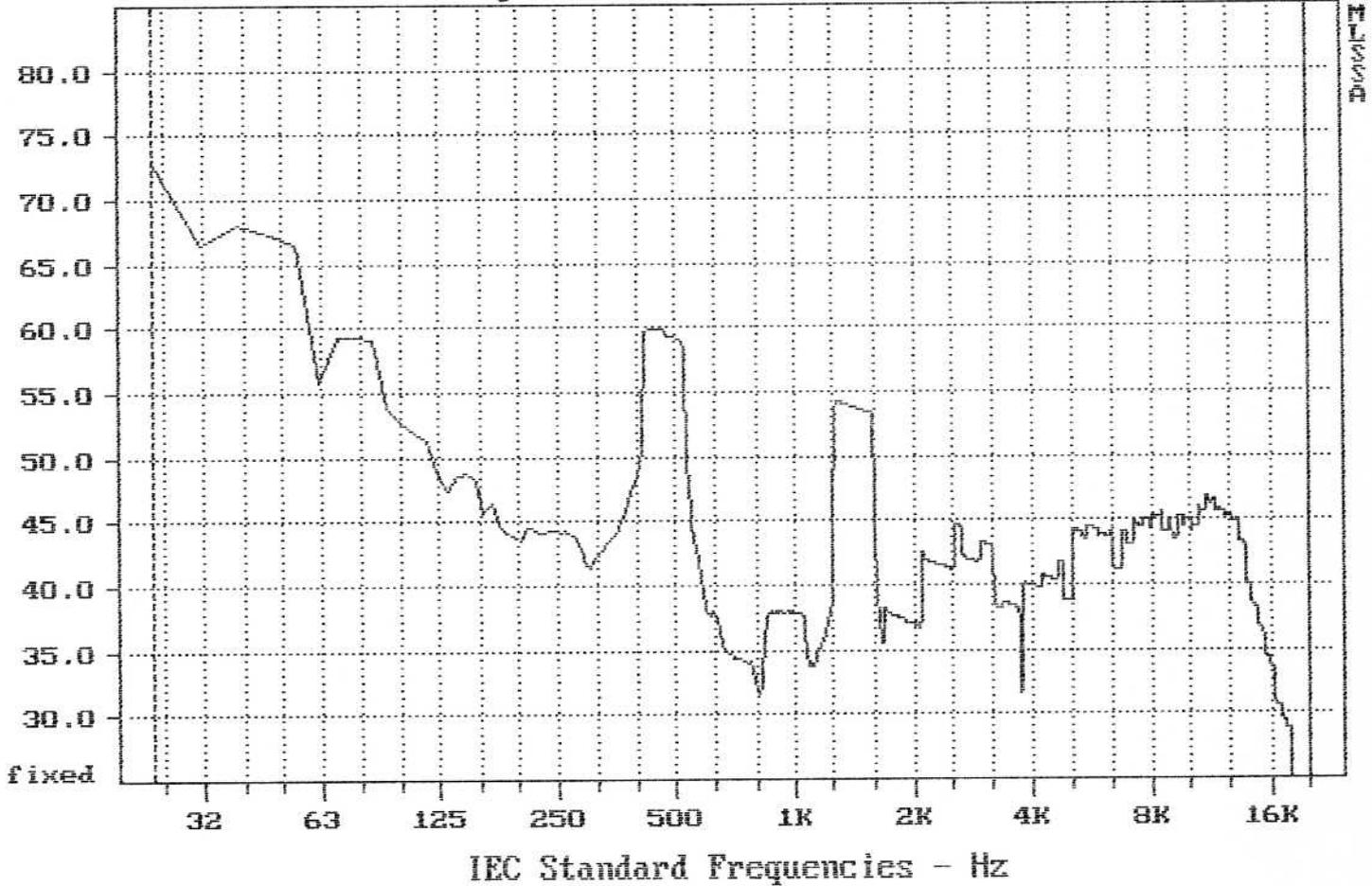
Anche la risposta all'impulso filtrata per una banda ristretta alle sole basse frequenze non riesce ad evidenziare altro che un arrivo sempre prossimo al fondo (1 dB), nonostante il livello in pista sia di 116 dB.

Risultati di tale rilievo sono raggiungibili solo mediante l'adozione di un nuovo tipo di impianto audio per il locale, di configurazione del tutto innovativa e di grande direttività e controllo della emissione fuori dell'area della pista da ballo. Oltre a questo intervento era stata effettuata una insonorizzazione cautelativa della parete di fondo del locale, quella confinante con l'albergo adiacente.

Roma 21 ottobre 1996

Fabrizio Calabrese


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



root mean square: 46.3252

Stanza 105, rumore di fondo ad impianto spento

10-21-96 1:12 AM

MLSSA: Frequency Domain

Acquisition
mode: CrossDcorrelation
length: 32768 samples (516.1 msec)
sample rate: 63.5 kHz (15.87 secs)
Concurrent pre-average cycles: 1
Autorange: enabled
Antialiasing filter
type: Chebyshev
bandwidth: 20 kHz
gain: 5 (q 0.155 Pa range)
Trigger
type: Stimulus trigger
delay: 0 samples (0 msec)
Units
acquisition: 0.155 Pa/volt
stimulus: 1 volts/volt
Tracking
filename: C:\TRASF\HOTEL-03.TIM
precursor: acquisition
acquisition date: 10-18-96 12:29 PM
dynamic range: 45%
(unequalized) ref: NONE
comment: stanza 105, fondo rumore

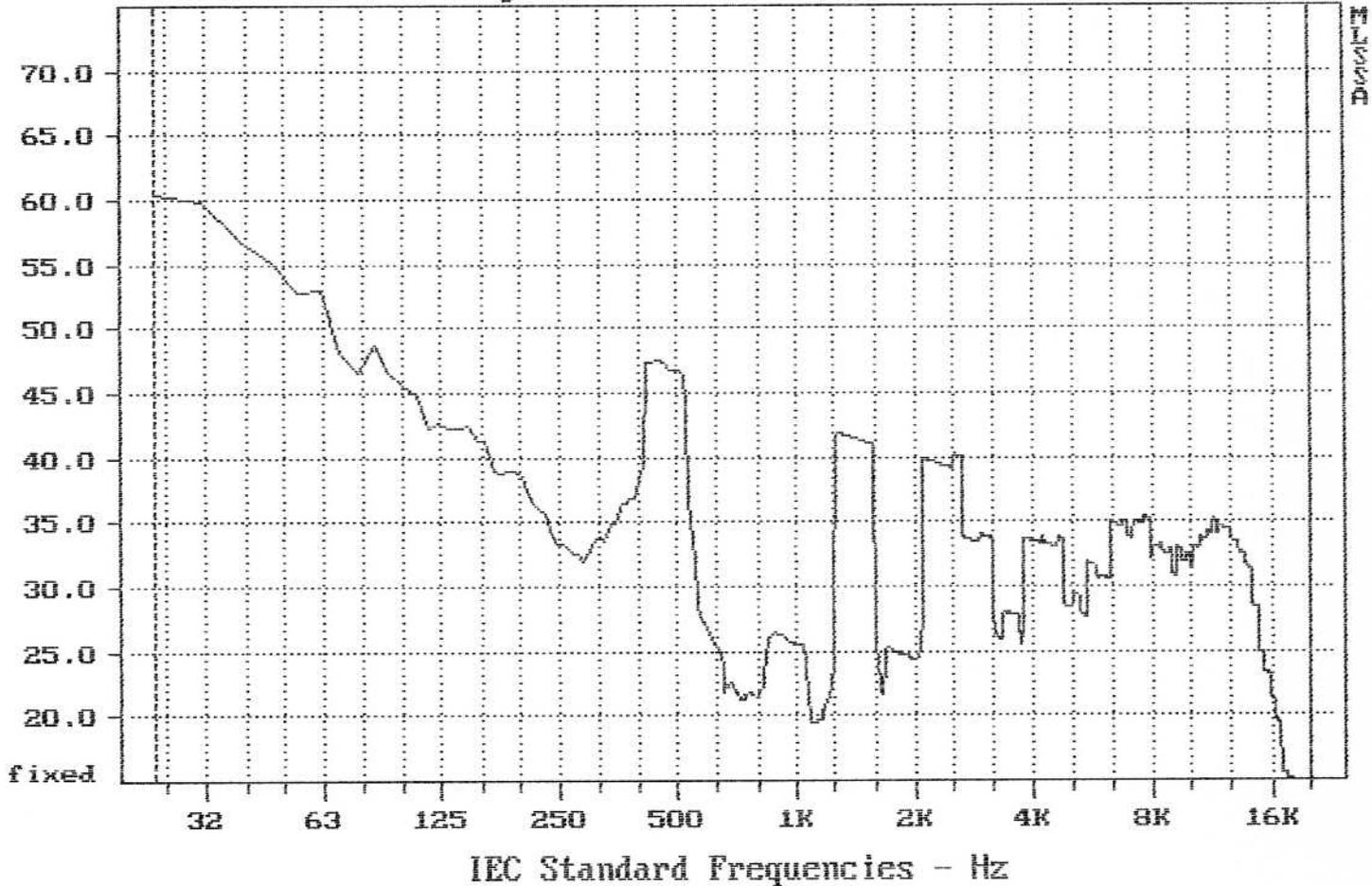
Stimulus
Burst MLS
amplitude: q 1.005 volts
rep-rate: 0.9689 Hz
period: 65535 samples
1032 msec

10-21-96 1:14 AM

MLSSA: Main Info

Grafico "A"

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



root mean square: 35.439

Stanza 105, impianto audio a 101 dB

10-21-96 1:15 AM

MLSSA: Frequency Domain

Acquisition
mode: CrossCorrelation
length: 32768 samples (516.1 msec)
sample rate: 63.5 kHz (15.87 usecs)
Concurrent pre-average cycles: 16
Autorange: enabled
Antialiasing filter
type: Chebyshev
bandwidth: 20 kHz
gain: 5 (q 0.155 Pa range)
Trigger
type: Stimulus trigger
delay: 0 samples (0 msec)
Units
acquisition: 0.155 Pa/volt
stimulus: 1 volts/volt
Tracking
filename: C:\TRASF\HOTEL-06.TIM
precursor: acquisition
acquisition date: 10-18-96 12:32 PM
dynamic range: 53%
(unequalized) ref: NONE
comment: stanza 105, con impianto 101 dB

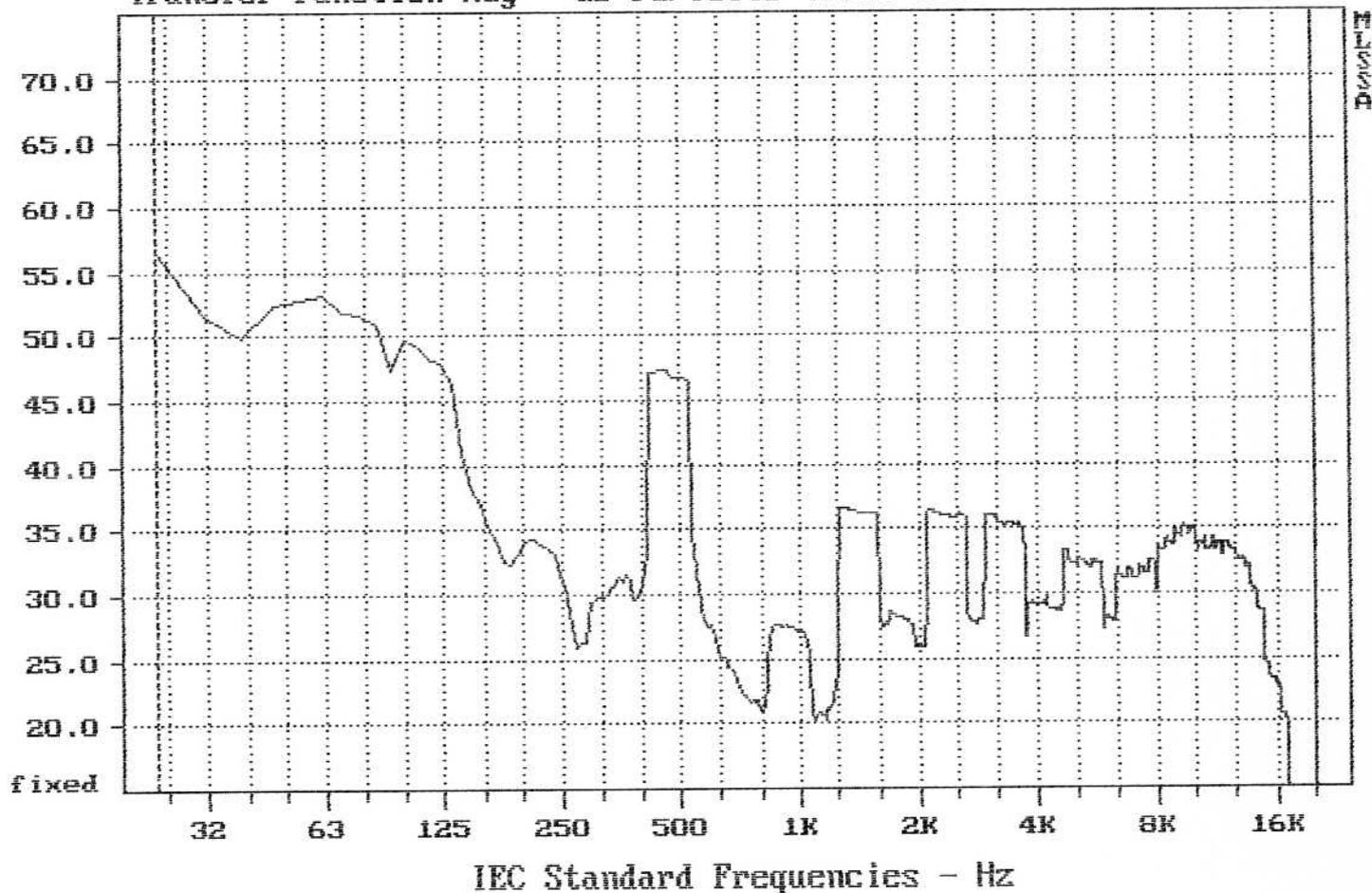
Stimulus
Burst MLS
amplitude: q 1.005 volts
rep-rate: 0.7688 Hz
period: 65535 samples
1032 msec

10-21-96 1:16 AM

MLSSA: Main Info

Grafico "B"

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



root mean square: 34.0091

Stanza 105, impianto audio a 112 (116) deciBel

10-21-96 1:18 AM

MLSSA: Frequency 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
Antialiasing filter
type: Chebyshev
bandwidth: 20 kHz
gain: 5 (q 0.155 Pa range)
Trigger
type: Stimulus trigger
delay: 0 samples (0 msec)
Units
acquisition: 0.155 Pa/volt
stimulus: 1 volts/volt
Tracking
filename: C:\TRASF\HOTEL-08.TIM
precursor: acquisition
acquisition date: 10-18-96 12:35 PM
dynamic range: 44%
(unequalized) ref: NONE
comment: stanza 105, impianto a 112 dB, porta cucina chiusa

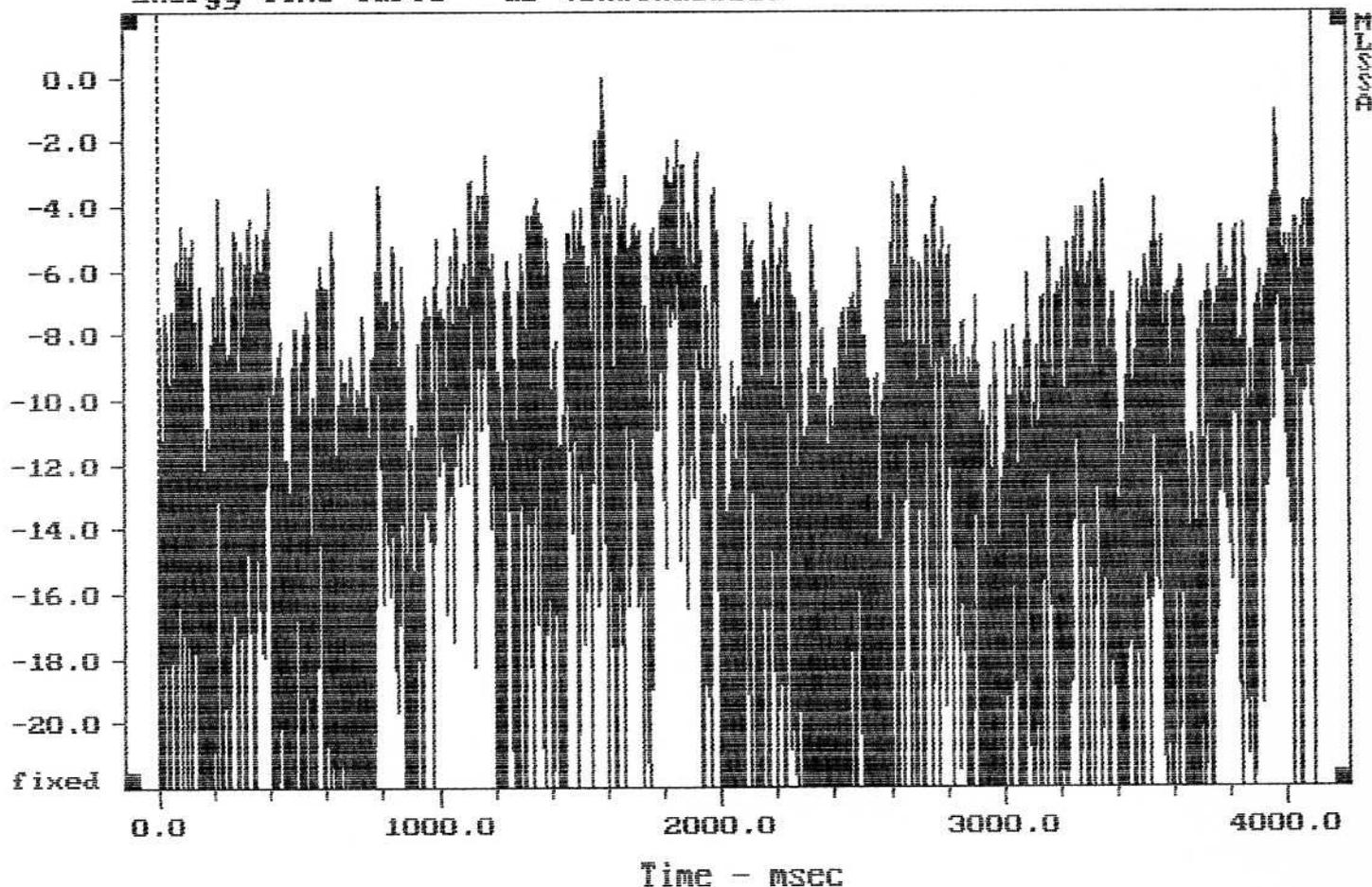
Stimulus
Burst MLS
amplitude: q 1.005 volts
rep-rate: 0.7688 Hz
period: 65535 samples
1032 msec

10-21-96 1:19 AM

MLSSA: Main Info

Grafico "C"

File: C:\TRASF\HOTEL-14.TIM 10-18-96 12:47 PM
Energy-Time Curve - dB (Unwindowed)



mean: -10.59, rms: -9.61, std: -16.55, max: 0, min: -47.49

Stanza 105, impianto audio a 101 dB

10-21-96 1:27 AM

MLSSA: Time Domain

Acquisition
mode: CrossDcorrelation
length: 32768 samples (4096 msec)
sample rate: 8 kHz (125 fsecs)
Concurrent pre-average cycles: 16
Autorange: enabled
Antialiasing filter
type: Butterworth
bandwidth: 2 kHz
gain: 5 (q 0.155 Pa range)
Trigger
type: Stimulus trigger
delay: 0 samples (0 msec)
Units
acquisition: 0.155 Pa/volt
stimulus: 1 volts/volt
Tracking
filename: C:\TRASF\HOTEL-14.TIM
precursor: acquisition
acquisition date: 10-18-96 12:47 PM
dynamic range: 39%
(unequalized) ref: NONE
comment: stanza 105, impianto a 101 dB

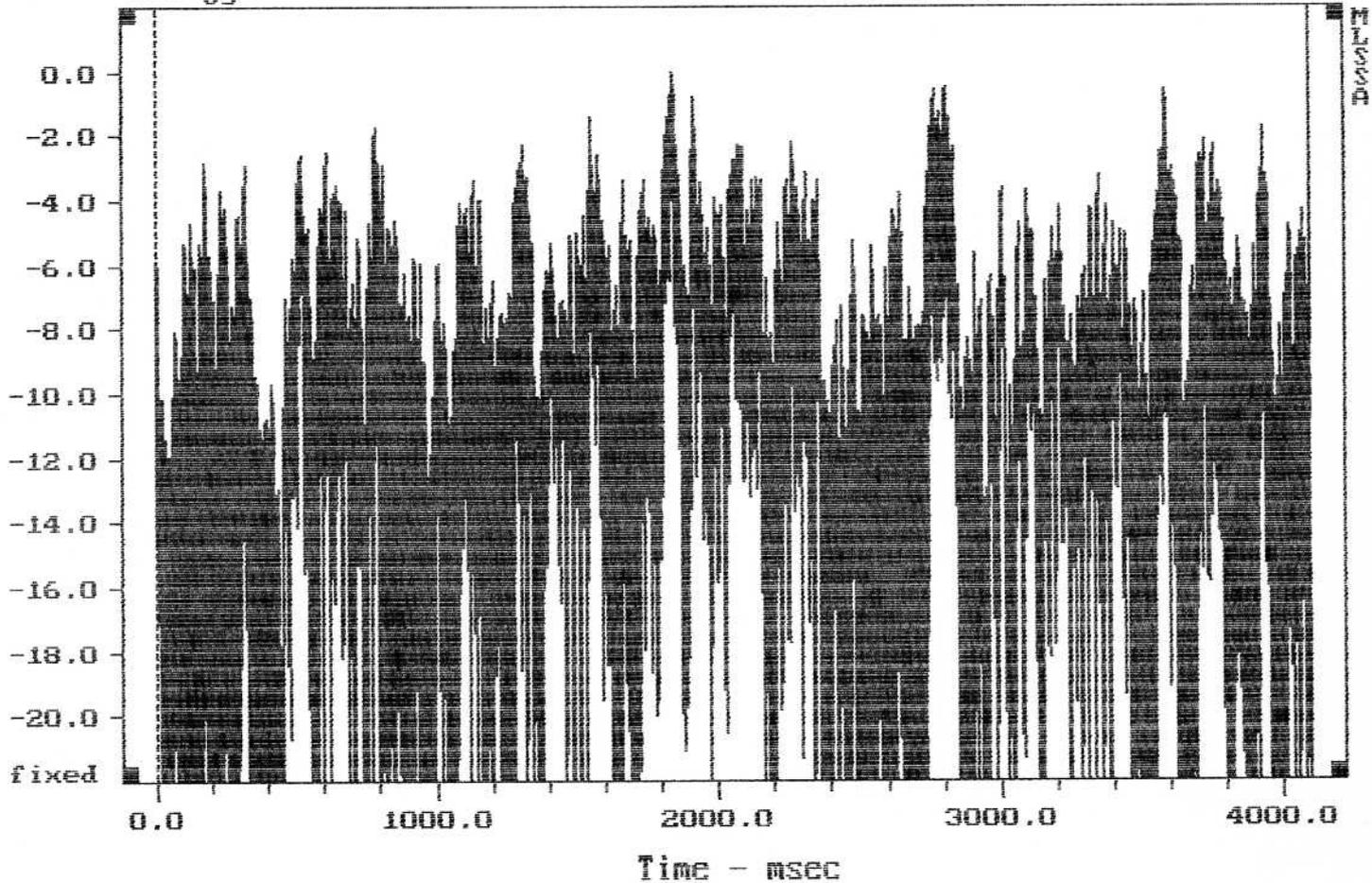
Stimulus
Burst MLS
amplitude: q 1.005 volts
rep-rate: 0.1221 Hz
period: 65535 samples
8192 msec

10-21-96 1:29 AM

MLSSA: Main Info

Grafico "D"

File: C:\TRASF\HOTEL-16.TIM 10-18-96 12:48 PM
Energy-Time Curve - dB (Unwindowed)



mean: -9.864, rms: -8.875, std: -15.78, max: 0, min: -61.98

Stanza 105, rumore di fondo ad impianto spento

10-21-96 1:32 AM

MLSSA: Time Domain

Acquisition
mode: CrossCorrelation
length: 32768 samples (4096 msec)
sample rate: 8 kHz (125 usecs)
Concurrent pre-average cycles: 1
Autorange: enabled
Antialiasing filter
type: Butterworth
bandwidth: 2 kHz
gain: 5 (q 0.155 Pa range)
Trigger
type: Stimulus trigger
delay: 0 samples (0 msec)
Units
acquisition: 0.155 Pa/volt
stimulus: 1 volts/volt
Tracking
filename: C:\TRASF\HOTEL-16.TIM
precursor: acquisition
acquisition date: 10-18-96 12:48 PM
dynamic range: 36%
(unequalized) ref: NONE
comment: stanza 105, fondo rumore ad impianto spento

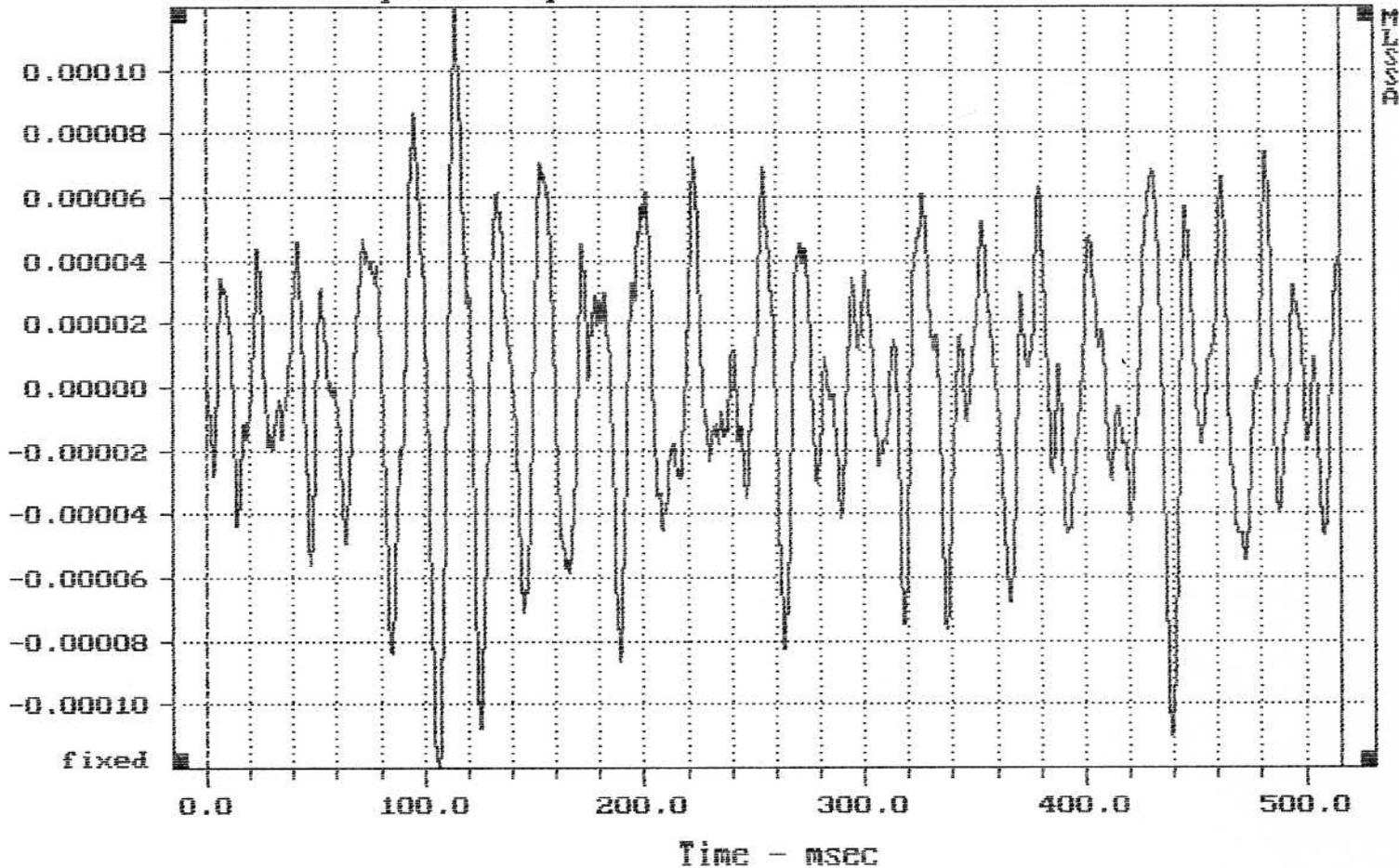
Stimulus
Burst MLS
amplitude: 9.1005 volts
rep-rate: 0.1221 Hz
period: 65535 samples
8192 msec

10-21-96 1:34 AM

MLSSA: Main Info

Grafico "E"

File: C:\TRASF\HOTEL-02.TIM 10-18-96 12:28 PM
Filtered Impulse Response - Pa (100 Hz, 2.00 oct)



root mean square: 3.89241e-005

Stanza 105, rumore di fondo ad impianto spento

10-21-96 2:10 AM

MLSSA: Time Domain

Acquisition
mode: CrossCorrelation
length: 32768 samples (516.1 msec)
sample rate: 63.5 kHz (15.8 rsecs)
Concurrent pre-average cycles: 1
Autorange: enabled
Antialiasing filter
type: Chebyshev
bandwidth: 20 kHz
gain: 5 (q 0.155 Pa range)
Trigger
type: Stimulus trigger
delay: 0 samples (0 msec)
Units
acquisition: 0.155 Pa/volt
stimulus: 1 volts/volt
Tracking
filename: C:\TRASF\HOTEL-02.TIM
precursor: acquisition
acquisition date: 10-18-96 12:28 PM
dynamic range: 52%
(unequalized) ref: NONE
comment: stanza 105, fondo rumore

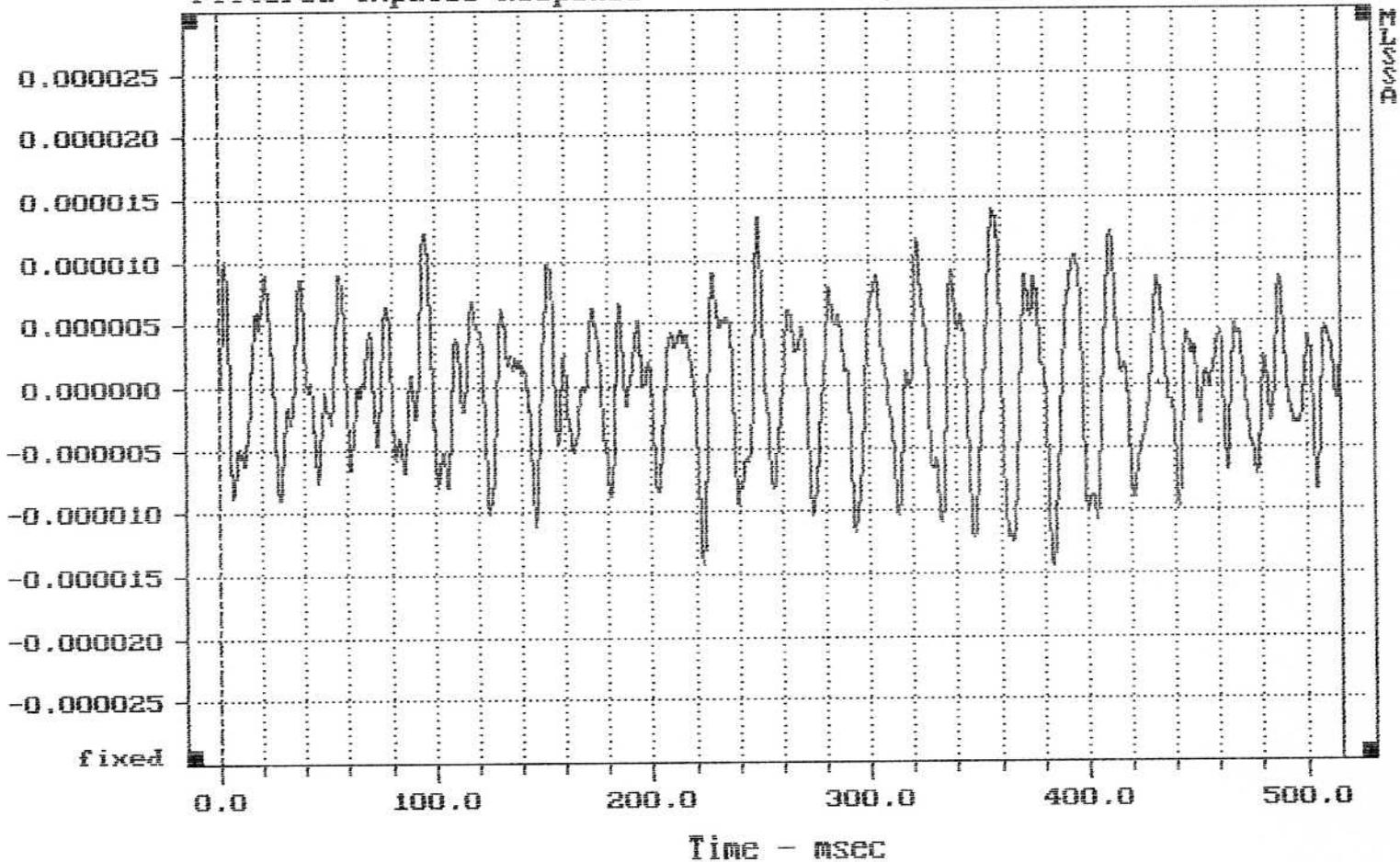
Stimulus
Burst MLS
amplitude: q 1.005 volts
rep-rate: 0.9688 Hz
period: 65535 samples
1032 msec

10-21-96 2:11 AM

MLSSA: Main Info

Grafico "F"

File: C:\TRASF\HOTEL-06.TIM 10-18-96 12:32 PM
Filtered Impulse Response - Pa (100 Hz, 2.00 oct)



root mean square: 5.72262e-006

Stanza 105, impianto audio a 101 dB

10-21-96 2:12 AM

MLSSA: Time Domain

Acquisition
mode: Cross/correlation
length: 32768 samples (516.1 msec)
sample rate: 63.5 kHz (15.87 secs)
Concurrent pre-average cycles: 16
Autorange: enabled
Antialiasing filter
type: Chebyshev
bandwidth: 20 kHz
gain: 5 (q 0.155 Pa range)
Trigger
type: Stimulus trigger
delay: 0 samples (0 msec)
Units
acquisition: 0.155 Pa/volt
stimulus: 1 volts/volt
Tracking
filename: C:\TRASF\HOTEL-06.TIM
precursor: acquisition
acquisition date: 10-18-96 12:32 PM
dynamic range: 53%
(unequalized) ref: NONE
comment: stanza 105, con impianto 101 dB

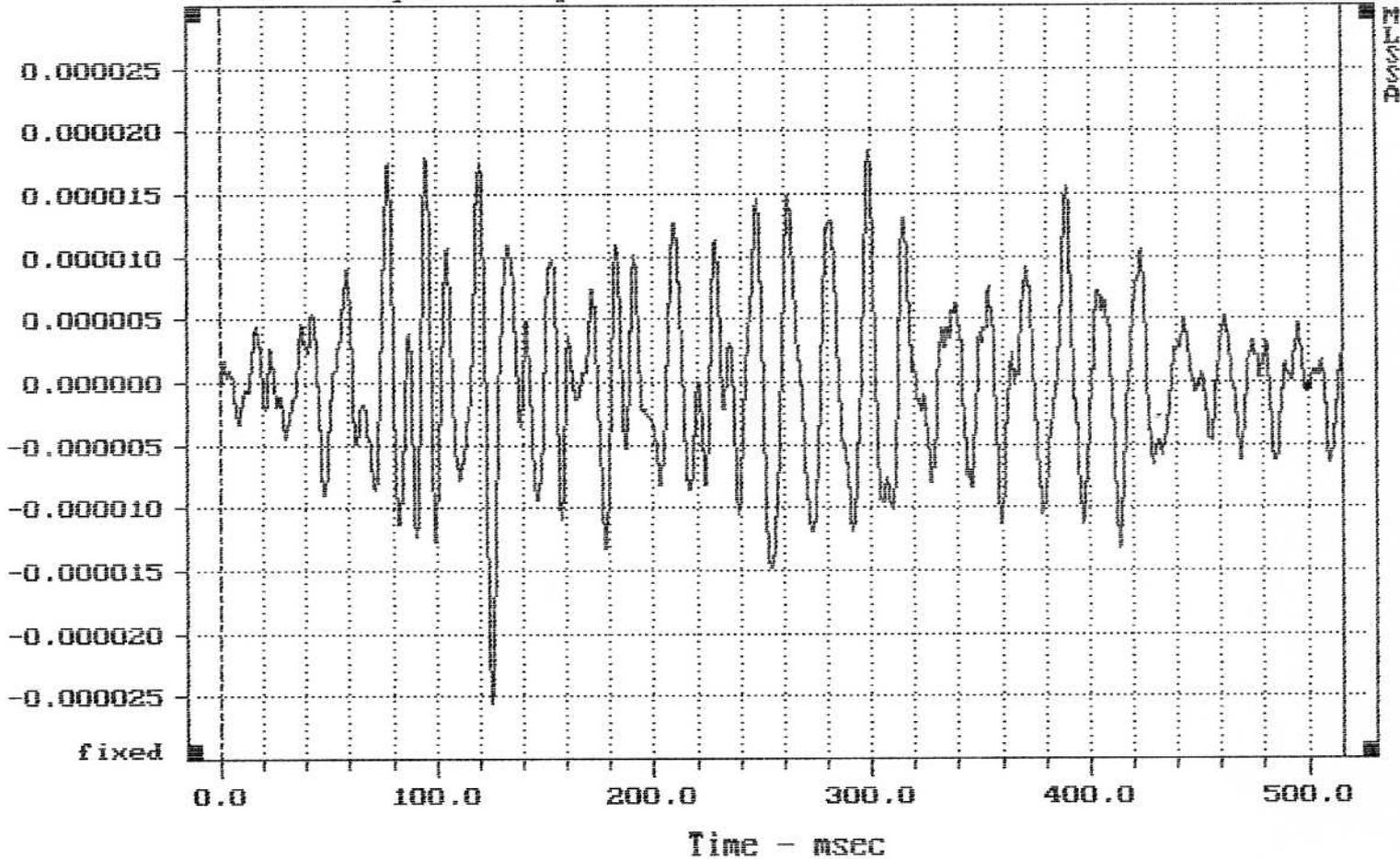
Stimulus
Burst MLS
amplitude: q 1.005 volts
rep-rate: 0.9688 Hz
period: 65535 samples
1032 msec

10-21-96 2:14 AM

MLSSA: Main Info

Grafico "G"

File: C:\TRASF\HOTEL-08.TIM 10-18-96 12:35 PM
Filtered Impulse Response - Pa (100 Hz, 2.00 oct)



root mean square: 6.69911e-006

Stanza 105, impianto audio a 112 (116) dB

10-21-96 2:15 AM

MLSSA: Time Domain

Acquisition
mode: CrossCorrelation
length: 32768 samples (516.1 msec)
sample rate: 63.5 kHz (15.87secs)
Concurrent pre-average cycles: 16
Autorange: enabled
Antialiasing filter
type: Chebyshev
bandwidth: 20 kHz
gain: 5 (q 0.155 Pa range)
Trigger
type: Stimulus trigger
delay: 0 samples (0 msec)
Units
acquisition: 0.155 Pa/volt
stimulus: 1 volts/volt
Tracking
filename: C:\TRASF\HOTEL-08.TIM
precursor: acquisition
acquisition date: 10-18-96 12:35 PM
dynamic range: 44%
(unequalized) ref: NONE
comment: stanza 105, impianto a 112 dB, porta cucina chiusa

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

10-21-96 2:16 AM

MLSSA: Main Info

Grafico "H"