

## Manuale di istruzioni

Fonometro integratore  
Analizzatore di spettro

**HD2110L**



Aziende / Marchi di GHM

Members of GHM GROUP:

**GREISINGER**

**HONSBERG**

**Martens**

**IMTRON**

**Delta OHM**

**VAL.CO**

[www.deltaohm.com](http://www.deltaohm.com)

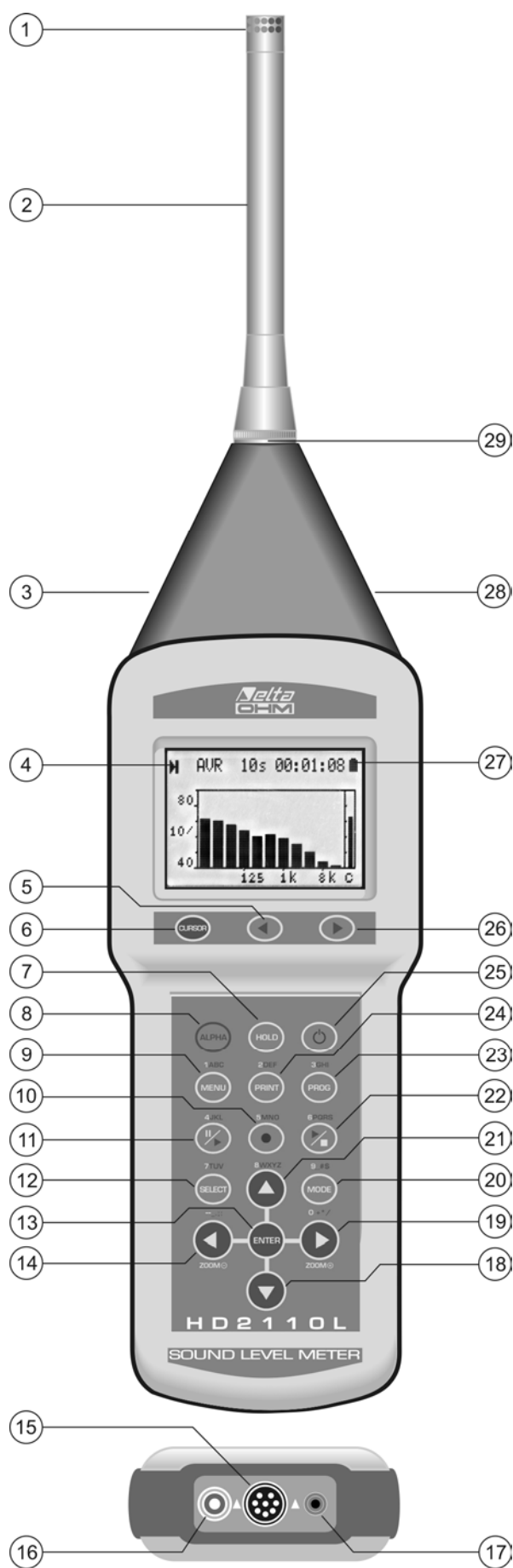
Conservare per utilizzo futuro.

# INDICE

<b>FUNZIONE DEI CONNETTORI.....</b>	<b>7</b>
<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>8</b>
SCHEMA A BLOCCHI DELL'HD2110L .....	12
IL MICROFONO .....	13
L'UNITÀ MICROFONICA PER ESTERNI HDWME .....	13
IL PREAMPLIFICATORE .....	14
LO STRUMENTO.....	15
<b>DESCRIZIONE DELLE DIVERSE MODALITÀ DI VISUALIZZAZIONE .....</b>	<b>16</b>
MODALITÀ SLM (SOUND LEVEL METER) .....	19
DESCRIZIONE DEL DISPLAY .....	20
SELEZIONE DEI PARAMETRI.....	20
FUNZIONE CANCELLAZIONE (ESCLUSIONE DATI) .....	21
MODALITÀ PROFILO TEMPORALE.....	22
DESCRIZIONE DEL DISPLAY .....	22
USO DEI CURSORI.....	23
MODALITÀ SPETTRO (PER BANDE D'OTTAVA E DI TERZO D'OTTAVA) .....	24
DESCRIZIONE DEL DISPLAY .....	25
USO DEI CURSORI E DELLE CURVE ISOFONICHE .....	26
FILTRI DI TERZO D'OTTAVA TRASLATI DI MEZZA BANDA (OPZIONE "TERZI D'OTTAVA").....	28
MISURE CON L'OPZIONE FFT .....	30
LEQ SHORT SU 1/32S (OPZIONE FFT) .....	30
SPETTRO PER BANDA FINE (OPZIONE FFT) .....	32
Descrizione del display .....	35
Uso dei cursori.....	35
GRAFICI STATISTICI.....	37
DISTRIBUZIONE DELLA PROBABILITÀ DEI LIVELLI.....	39
Uso dei cursori.....	39
GRAFICO DEI LIVELLI PERCENTILI .....	40
Uso dei cursori.....	40
FUNZIONE TRIGGER D'EVENTO .....	41
<b>INTEGRAZIONE.....</b>	<b>43</b>
<b>LE FUNZIONI PRINT E MONITOR .....</b>	<b>45</b>
MONITOR IN FORMATO BINARIO.....	45
<b>LA FUNZIONE REGISTRAZIONE .....</b>	<b>46</b>
REGISTRAZIONE SINGOLA MANUALE ED AUTOMATICA.....	46
REGISTRAZIONE CONTINUA .....	47
REGISTRAZIONE CONTINUA DEI GRUPPI RAPPORTO ED EVENTO.....	48
TIMER PER ACQUISIZIONE RITARDATA .....	50
<b>DESCRIZIONE DELLE FUNZIONI DEL MENU.....</b>	<b>52</b>
GENERALE .....	53
IDENTIFICAZIONE .....	53
SISTEMA .....	53
INPUT/OUTPUT.....	54
MISURE.....	54
FONOMETRO .....	55
ANALIZZATORE DI SPETTRO .....	56
ANALIZZATORE STATISTICO .....	56
TRIGGER.....	57
REGISTRAZIONE.....	57
MISURE.....	57
RAPPORTO .....	58
EVENTO .....	58
CALIBRAZIONE .....	59
SEQUENZIATORE.....	59

<b>PROGRAMMI.....</b>	<b>60</b>
NAVIGATORE .....	60
CALIBRAZIONE .....	63
TARATURA PERIODICA.....	65
Manutenzione delle capsule microfoniche.....	66
CALIBRAZIONE ELETTRICA.....	67
CALIBRAZIONE ACUSTICA .....	69
SOSTITUZIONE DEL MICROFONO.....	71
DIAGNOSTICA .....	71
CHECK DIAGNOSTICO .....	71
MISURA DEL TEMPO DI RIVERBERAZIONE .....	72
STRUMENTAZIONE E CONDIZIONI DI MISURA .....	72
MISURA CON RUMORE STAZIONARIO .....	73
MISURA CON RUMORE IMPULSIVO .....	75
PROCEDURA OPERATIVA PER LA MISURA DEL TEMPO DI RIVERBERO .....	76
<b>AGGIORNAMENTO DEL FIRMWARE.....</b>	<b>87</b>
<b>AGGIORNAMENTO DELLE OPZIONI .....</b>	<b>87</b>
<b>SEGNALAZIONE DI BATTERIA SCARICA E SOSTITUZIONE DELLE BATTERIE .....</b>	<b>88</b>
<b>MAGAZZINAGGIO DELLO STRUMENTO.....</b>	<b>89</b>
<b>INTERFACCIA SERIALE.....</b>	<b>90</b>
PROTOCOLLO DI COMUNICAZIONE .....	92
GRUPPO SET (SETUP) .....	93
GRUPPO KEY .....	99
GRUPPO STT (STATUS) .....	100
GRUPPO DMP (DUMP) .....	102
CONNESSIONE AD UN MODEM .....	103
CONNESSIONE AD UNA STAMPANTE.....	105
CONNESSIONE AD UN PC CON INTERFACCIA USB.....	106
VERIFICA DELLA CORRETTA INSTALLAZIONE DEI DRIVER .....	106
<b>HD2010MC - LETTORE PER MEMORY CARD.....</b>	<b>108</b>
DESCRIZIONE DELL'INTERFACCIA PER MEMORY CARD HD2010MC.....	108
PREPARAZIONE DI UNA NUOVA SCHEDA .....	108
CONNESSIONE DELL'HD2010MC AL FONOMETRO ED USO DELLA SCHEDA .....	109
PER UTILIZZARE I DATI DIRETTAMENTE DA PC .....	110
TRASFERIMENTO DEI DATI DAL FONOMETRO ALLA SCHEDA DI MEMORIA .....	110
CARATTERISTICHE TECNICHE .....	110
<b>SPECIFICHE TECNICHE.....</b>	<b>111</b>
CARATTERISTICHE METROLOGICHE .....	113
CARATTERISTICHE ELETTRICHE.....	119
ANALISI STATISTICA .....	122
ANALISI SPETTRALE.....	122
MISURA DEL TEMPO DI RIVERBERAZIONE (OPZIONALE) .....	122
VISUALIZZAZIONE .....	123
MEMORIZZAZIONE DELLE MISURE .....	123
PROGRAMMI .....	123
ALTRE CARATTERISTICHE.....	125
<b>NORME DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>126</b>
LEGISLAZIONE ITALIANA .....	126
<b>CODICI DI ORDINAZIONE.....</b>	<b>127</b>
<b>COME FARE PER ... ..</b>	<b>130</b>
PROCEDURA DI MISURA.....	130
MEMORIZZAZIONE DELLE MISURE .....	133
MISURA DELLA DOSE DI RUMORE .....	134
ANALISI STATISTICA .....	134
STAMPA DEI DATI.....	135

<b>GUIDA ALLA RISOLUZIONE DEI PROBLEMI .....</b>	<b>136</b>
RIPRISTINO DEL SETUP DI FABBRICA .....	137
RIPRISTINO DELLA CALIBRAZIONE DI FABBRICA .....	137
PROBLEMI VARI .....	137
<b>DESCRIZIONE TASTIERA .....</b>	<b>139</b>
<b>APPENDICI .....</b>	<b>147</b>
A1. PARAMETRI DI MISURA DELL'HD2110L .....	147
PARAMETRI ACUSTICI VISUALIZZABILI NUMERICAMENTE .....	147
PARAMETRI ACUSTICI VISUALIZZABILI IN FORMA GRAFICA .....	149
PARAMETRI ACUSTICI MEMORIZZABILI .....	150
A2. CAPACITÀ DELLA MEMORIA DURANTE LA FUNZIONE DI REGISTRAZIONE .....	152
A3. MISURA DELLO SPETTRO DEL SEGNALE SONORO MEDIANTE TRASFORMATA VELOCE DI FOURIER (FFT) .....	154
A4. MISURE IN PRESENZA DI RUMORE CON COMPONENTI IMPULSIVE, TONALI E A BASSA FREQUENZA .....	159
A5. IL SUONO .....	161
A6. IL FONOMETRO .....	163
PONDERAZIONI DI FREQUENZA .....	163
ANALISI SPETTRALE .....	163
COSTANTI DI TEMPO E PESATURA ESPONENZIALE .....	164
I RUMORI IMPULSIVI .....	164
IL LIVELLO EQUIVALENTE .....	166
ANALISI STATISTICA .....	167
LA DOSE DI RUMORE .....	168
IL CAMPO ACUSTICO .....	168
INFLUENZA DELL'AMBIENTE .....	169
PRECAUZIONI E NORME GENERALI DI UTILIZZO .....	170
CLASSIFICAZIONE DEI SEGNALE ACUSTICI .....	171
A7. ACUSTICA ARCHITETTONICA .....	173
A7.1 - MISURA DELL'ASSORBIMENTO SONORO .....	175
Strumentazione e condizioni di misura .....	176
Norma ISO 354 .....	176
Norma ISO 10534-1 .....	176
A7.2 - MISURA DELL'ISOLAMENTO AL RUMORE AEREO .....	177
Strumentazione e condizioni di misura .....	177
Norma ISO 140 parte 3 – Misure in laboratorio .....	177
Norma ISO 140 parte 4 – Misure in opera .....	177
A7.3 - MISURA DEL RUMORE DI CALPESTIO .....	178
Strumentazione e condizioni di misura .....	178
Norma ISO 140 parte 6 – Misure in laboratorio .....	179
Norma ISO 140 parte 7 – Misure in opera .....	179
A8. UNITÀ PER ESTERNI HDWME - MONTAGGIO, SMONTAGGIO E MANUTENZIONE .....	180
A8.1 - Smontaggio .....	180
A8.2 - Montaggio .....	182
A9. DEFINIZIONI .....	186



1. Microfono.
2. Preamplificatore.
3. Connettore per ingresso e uscita TRIGGER (presa jack stereo Ø 3.5mm).
4. Simbolo indicante lo stato di acquisizione: RUN, STOP, PAUSE, REGISTRAZIONE oppure HOLD.
5. Tasto **LEFT** del tastierino: in modalità grafica sposta il cursore selezionato verso valori minori.
6. Tasto **CURSOR** del tastierino: in modalità grafica consente di selezionare uno dei due cursori oppure entrambi.
7. Tasto **HOLD**: blocca temporaneamente l'aggiornamento del display.
8. Tasto **ALPHA**: in combinazione con altri tasti consente l'inserimento di stringhe alfanumeriche.
9. Tasto **MENU**: attiva i vari menu di configurazione dello strumento.
10. Tasto **REC** (registrazione): in combinazione con START/STOP/RESET attiva la registrazione continua dei dati in memoria. Se viene premuto per almeno 2 secondi è possibile salvare in memoria quanto visualizzato come singolo record oppure attivare la modalità di memorizzazione automatica Auto-Store.
11. Tasto **PAUSE/CONTINUE**: mette in pausa le misure integrate. Dalla modalità PAUSE, le misure integrate possono riprendere alla pressione dello stesso tasto. In modalità PAUSE le misure vengono azzerate alla pressione del tasto START/STOP/RESET.
12. Tasto **SELECT**: attiva la modalità di modifica dei parametri visualizzati selezionandoli in sequenza.
13. Tasto **ENTER**: conferma l'inserimento di un dato o la modifica di un parametro.
14. Tasto **LEFT**: in menu, viene utilizzato nell'editing di parametri con attributo. In modalità grafica comprime la scala verticale.
15. Connettore tipo M12 per porta seriale multi-standard: RS232C ed USB.
16. Connettore alimentazione ausiliaria esterna.
17. Connettore per l'uscita DC (presa jack Ø 2.5 mm).
18. Tasto **DOWN**: in menu seleziona la riga seguente oppure decrementa il parametro selezionato. In modalità grafica aumenta i livelli di inizio e fine della scala verticale; il grafico risulta in questo modo spostato verso il basso.
19. Tasto **RIGHT**: in menu, viene utilizzato nell'editing di parametri con attributo. In modalità grafica espande la scala verticale.
20. Tasto **MODE**: seleziona in sequenza circolare le diverse modalità di visualizzazione dello strumento passando dalla visualizzazione di 5 canali in forma numerica, al profilo temporale, allo spettro in ottave ed in terzi d'ottava (opzione "Terzi d'ottava"), allo spettro per banda fine (opzione "FFT") ed alle schermate statistiche.
21. Tasto **UP**: in menu seleziona la riga precedente oppure incrementa il parametro selezionato. In modalità grafica diminuisce i livelli di inizio e fine della scala verticale; il grafico risulta in questo modo spostato verso l'alto.
22. Tasto **START/STOP/RESET**: premendolo in modalità STOP, avvia l'esecuzione delle misure (modalità RUN). In modalità RUN, termina l'esecuzione delle misure. Premendolo in modalità PAUSE, azzeri i valori delle misure integrate come Leq, SEL, livelli MAX/MIN, ecc..
23. Tasto **PROG**: attiva la modalità di selezione dei programmi.
24. Tasto **PRINT**: invia alla porta seriale RS232 quanto visualizzato sul display al momento della pressione del tasto. Tenendolo premuto per più di 3 secondi, abilita la stampa in continua (Monitor) che può essere fermata con un'ulteriore pressione del tasto.
25. Tasto **ON/OFF**: comanda l'accensione e lo spegnimento dello strumento.
26. Tasto **RIGHT** del tastierino: in modalità grafica sposta il cursore selezionato verso valori maggiori.
27. Simbolo di batteria: indica il livello di carica delle batterie. La scarica delle batterie è visualizzata come un progressivo "svuotamento" del simbolo.
28. Connettore per l'ingresso o l'uscita LINE non ponderata (presa jack Ø 3.5mm).
29. Connettore per il preamplificatore o il cavo prolunga.

## FUNZIONE DEI CONNETTORI

Lo strumento è provvisto di sei connettori: uno frontale, due laterali e tre alla base. Con riferimento alla figura di pag. 2 vi sono:

- n.3 - Connettore per ingresso e uscita digitale TRIGGER (presa jack stereo Ø 3.5mm). L'uscita TRGOUT può essere abilitata mediante la voce del menu MENU >> Generale >> Input/Output >> Sorgente TRGOUT. L'ingresso TRGIN può essere selezionato per il trigger d'evento mediante la voce del menu MENU >> Trigger >> Sorgente.

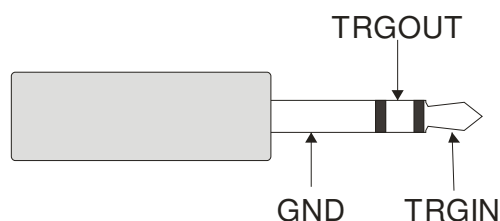


Fig. 1 - Connettore stereo TRIGGER.

- n.15 - Connettore tipo M12 per porta seriale multi-standard RS232C ed USB. Per la connessione ad una porta RS232 di un PC è necessario utilizzare il cavo seriale null-modem dedicato (codice HD2110RS), dotato di un connettore a vaschetta da 9 poli. In alternativa è possibile collegare il fonometro alla porta USB di un PC utilizzando il cavo dedicato (codice HD2110USB), dotato di connettore USB tipo A.
- n.16 - Connettore maschio per l'alimentazione esterna (presa Ø 5.5mm-2.1mm). Richiede un alimentatore in corrente continua di 9...12Vdc/300mA. Il positivo dell'alimentazione va fornito al pin centrale.
- n.17 - Presa tipo jack (Ø 2.5 mm) per l'uscita analogica (DC) ponderata A con costante di tempo FAST, aggiornata 8 volte al secondo.
- n.28 - Presa tipo jack (Ø 3.5 mm) per l'ingresso/uscita analogica (LINE) posta sul lato destro nel particolare conico: la presa può essere abilitata a funzionare come ingresso per lo strumento mediante una voce specifica del menu (MENU >> Generale >> Input/Output >> Ingresso); diversamente funziona da uscita analogica non ponderata.
- n.29 - Connettore ad 8 poli DIN per il preamplificatore o il cavo prolunga. Il connettore, posto nella parte anteriore dello strumento, ha una tacca di posizionamento ed una ghiera a vite che assicurano un adeguato fissaggio.

## INTRODUZIONE

L'HD2110L è un fonometro integratore portatile di precisione in grado di effettuare analisi spettrali e statistiche. Lo strumento è stato progettato per offrire le massime prestazioni nell'analisi dei fenomeni sonori con particolare attenzione alla normativa italiana in materia di rumore ambientale. Attenzione è stata dedicata alla possibilità di adattare lo strumento all'evoluzione della normativa ed alla necessità di soddisfare le esigenze odierne e future dei suoi utilizzatori. E' possibile integrare in qualunque momento il fonometro con opzioni in grado di estenderne le applicazioni ed il firmware è aggiornabile direttamente dall'utente utilizzando il programma NoiseStudio fornito in dotazione.

L'HD2110L soddisfa le specifiche di classe 1 delle norme IEC 61672-1 del 2002 e IEC 61672-1 ed. 2.0 del 2013 e delle norme IEC 60651 ed IEC 60804. La conformità alla norma IEC 61672-1 è stata verificata dall'I.N.R.I.M. con certificato di omologazione n. 37035-01C.

I filtri a banda percentuale costante sono conformi alle specifiche di classe 0 della norma IEC 61260 ed il microfono alla IEC 61094-4.

L'HD2110L è un fonometro integratore ad analizzatore adatto alle seguenti applicazioni:

- valutazione dei livelli di rumore ambientale,
- monitoraggio del rumore con funzione di cattura ed analisi di eventi sonori,
- analisi spettrali per bande d'ottava da 16Hz a 16kHz,
- analisi statistica completa con calcolo di tutti i percentili da  $L_1$  ad  $L_{99}$
- misure in ambiente di lavoro,
- selezione dei dispositivi di protezione individuale (metodi SNR, HML ed OBM),
- insonorizzazioni e bonifiche acustiche,
- controllo qualità della produzione,
- misura del rumore di macchine,
- acustica architettonica (con l'opzione Tempo di riverbero).

Con l'attivazione dell'opzione "Terzi d'ottava" il fonometro svolge inoltre le seguenti funzioni:

- analisi spettrali per bande di terzo d'ottava da 16Hz a 20kHz e da 14Hz a 18kHz (bande traslate),
- misure di inquinamento acustico con identificazione di componenti tonali in conformità al decreto del 16/03/1998,
- valutazione dell'udibilità delle componenti spettrali mediante confronto, in tempo reale, con le isofoniche,
- identificazione di componenti tonali anche situate all'incrocio tra bande di terzo d'ottava standard.

Con il fonometro HD2110L è possibile acquisire il profilo temporale del rumore con la più completa libertà di scelta delle ponderazioni temporali o di frequenza. Il fonometro memorizza automaticamente l'analisi a più parametri del livello sonoro come un registratore, con una capacità di memorizzazione di oltre 46 ore alla massima risoluzione temporale.

Per i monitoraggi a lungo termine del livello sonoro è possibile memorizzare, ad intervalli da 1 secondo fino ad 1 ora, 5 parametri programmabili assieme alla statistica completa e allo spettro medio sia per banda d'ottava che opzionalmente di terzo d'ottava. Con la memoria in dotazione l'HD2110L può memorizzare l'analisi multi-parametrica e statistica del livello sonoro ad intervalli di 1 minuto per più di 46 giorni.

Per particolari esigenze è possibile aumentare ulteriormente la capacità di memorizzazione dell'analizzatore utilizzando l'interfaccia per memory card HD2010MC. Questo dispositivo viene proposto completo di scheda di memoria tipo SD da 2 GB.



Con il fonometro HD2110L è possibile effettuare misure con una dinamica che eccede i 110dB ed è limitata verso il basso solo dal rumore intrinseco dello strumento. Per esempio, impostando il limite superiore del campo misure a 140dB, è possibile effettuare misure a livelli sonori tipici di un silenzioso ufficio con la capacità di misurare accuratamente, senza indicazioni di sovraccarico, livelli di picco fino a 140dB.

L'HD2110L è dotato di una versatile funzione di trigger per la cattura di eventi sonori, con la possibilità di filtrare falsi eventi richiedendo che la variazione del livello sonoro abbia una certa durata. In corrispondenza di ciascun evento è possibile memorizzare 5 parametri integrati dedicati, gli spettri medi, per banda d'ottava o di terzo d'ottava (opzione "Terzi d'ottava"), e la distribuzione di probabilità dei livelli sonori campionati durante l'evento. La memorizzazione dei parametri d'evento non esclude la registrazione normale e ad intervalli. La funzione di trigger d'evento è attivabile anche mediante pressione di un tasto oppure mediante un segnale hardware esterno, connesso all'ingresso TRGIN.

Il fonometro può attivare un dispositivo esterno mediante l'uscita TRGOUT in sincronia con l'acquisizione dati o con il verificarsi di eventi sonori.

Le funzioni avanzate dell'analizzatore permettono l'acquisizione del profilo a più parametri del livello sonoro contemporaneamente a sequenze di rapporti con parametri dedicati, spettri medi ed analisi statistica completa. Inoltre, durante la registrazione, la funzione di trigger è in grado di identificare eventi sonori e di memorizzarne l'analisi con 5 parametri a scelta, spettro medio ed analisi statistica, integrati per la durata dell'evento.

Durante il datalogging sono disponibili fino a 9 marker diversi per memorizzare il verificarsi di particolari situazioni da considerare in fase di analisi dei tracciati.

Un timer permette di programmare la partenza ritardata dell'acquisizione.

Le varie registrazioni possono essere successivamente localizzate in memoria e visualizzate sul display grafico con una funzione "Replay" che riproduce l'andamento temporale del tracciato sonoro. L'alta velocità dell'interfaccia USB, combinata con la flessibilità dell'interfaccia RS232, permettono di effettuare trasferimenti rapidi di dati dal fonometro alla memoria di massa di un PC ma anche di controllare un modem o una stampante. Ad esempio, nel caso la memoria in dotazione non sia sufficiente, quindi nel caso di registrazioni prolungate nel tempo, è possibile attivare la funzione "Monitor". Questa funzione consente di trasmettere i dati visualizzati attraverso l'interfaccia seriale, registrandoli direttamente nella memoria del PC.

L'HD2110L può essere completamente controllato da un PC attraverso l'interfaccia seriale multi-standard (RS232 ed USB), utilizzando un apposito protocollo di comunicazione. Tramite l'interfaccia RS232 è possibile collegare il fonometro ad un PC anche mediante modem.

Simultaneamente all'acquisizione dei profili a larga banda del livello sonoro, viene eseguita l'analisi spettrale in tempo reale, sia per bande d'ottava che per bande di terzo d'ottava (opzione "Terzi d'ottava"). Lo spettro del segnale sonoro viene calcolato 2 volte al secondo ed integrato linearmente fino a 99 ore. In alternativa è possibile effettuare analisi multispettro, anche massime o minime, sia pesate linearmente che esponenzialmente.

Gli spettri, oppure il profilo multispettro a partire da 1s, vengono visualizzati assieme ad un livello a larga banda ponderato A, B, C oppure Z permettendo un rapido confronto dello spettro con il livello a larga banda. Inoltre lo spettro può essere visualizzato sia come spettro non ponderato che come spettro ponderato A oppure C, per una rapida valutazione di udibilità delle diverse componenti spettrali.

L'analisi spettrale per bande di terzo d'ottava (opzione "Terzi d'ottava") può essere effettuata, oltre che con bande standard da 16 Hz a 20 kHz, anche con bande spostate verso il basso di un sesto d'ottava, da 14 Hz a 18 kHz, per la ricerca di componenti tonali nascoste all'incrocio tra bande standard adiacenti. Mentre si visualizza lo spettro per bande di terzo d'ottava è possibile attivare, in

tempo reale, la funzione di calcolo delle curve isofoniche, per una rapida analisi dell'udibilità delle diverse componenti dello spettro.

Come analizzatore statistico l'HD2110L campiona il segnale sonoro, con ponderazione di frequenza A e costante FAST, 8 volte al secondo e lo analizza in classi da 0.5dB.

L'analisi statistica viene visualizzata in forma grafica con la distribuzione di probabilità del livello sonoro ed il grafico dei livelli percentili da  $L_1$  a  $L_{99}$ . È possibile scegliere se campionare  $L_{Fp}$ ,  $L_{eq}$  oppure  $L_{pk}$  con ponderazione A, C o Z (solo C o Z per  $L_{pk}$ ).

Con il fonometro HD2110L è possibile analizzare tracciati audio registrati con altri strumenti, utilizzando l'ingresso LINE.

L'uscita LINE non ponderata consente di registrare, per successive analisi, il campione sonoro su nastro o direttamente in un PC dotato di scheda di acquisizione.

La calibrazione può essere effettuata sia utilizzando un calibratore acustico (classe 1 secondo IEC 60942) che il generatore di riferimento incorporato. La calibrazione elettrica sfrutta uno speciale preamplificatore e verifica la sensibilità del canale di misura incluso il microfono. Un'area protetta nella memoria permanente, riservata alla calibrazione di fabbrica, viene utilizzata come riferimento nelle calibrazioni dell'utente, permettendo di tenere sotto controllo le derive strumentali dello strumento.

La verifica della completa funzionalità del fonometro può essere effettuata direttamente dall'utente, sul campo, grazie ad un programma diagnostico.

La periodica esecuzione dei programmi diagnostici consente di effettuare i rilievi fonometrici in piena sicurezza, eliminando la possibilità di doverli ripetere a causa di un malfunzionamento scoperto tardivamente.

Il fonometro HD2110L è in grado di eseguire tutte le misure richieste dalla legislazione in merito alla protezione dei lavoratori dal rischio di esposizione al rumore (Decreto Legislativo N.81 del 2008, norma UNI9432 del 2011 e ISO9612 del 2011). La selezione del dispositivo di protezione individuale si può effettuare, in conformità alla norma UNI EN 458, sia con l'analisi spettrale per banda d'ottava (metodo OBM) che mediante confronto dei livelli equivalenti ponderati A e C misurabili simultaneamente (metodo SNR). Nell'eventualità che un evento sonoro indesiderato produca un'indicazione di sovraccarico, o che semplicemente alteri il risultato di un'integrazione, è sempre possibile escluderne il contributo utilizzando la versatile funzione di cancellazione dei dati.

L'impulsività di una sorgente viene facilmente valutata, secondo il criterio indicato dalla UNI 9432, misurando il livello equivalente ponderato A con costante di tempo Impulse.

L'identificazione ed analisi di sorgenti di rumore ciclico, fluttuante o impulsivo è semplice grazie alle potenti funzioni di memorizzazione dell'analizzatore HD2110L, che permette, con l'utilizzo di un unico setup di misura di affrontare la maggior parte delle situazioni incontrate in ambiente di lavoro. L'abbinamento delle potenti funzioni di misura del fonometro HD2110L e delle capacità di analisi del modulo software opzionale "Protezione Lavoratori", disponibile per il programma Noise Studio fornito in dotazione a tutti i fonometri Delta Ohm, permette una rapida ed efficiente gestione delle misure di rumore per la valutazione della sicurezza in ambiente di lavoro (Decreto n. 81/2008).

Il fonometro HD2110L è adatto ad effettuare monitoraggi del livello sonoro, mappature acustiche e valutazioni di clima acustico con funzioni di cattura ed analisi di eventi sonori. Nella valutazione del rumore in ambiente aeroportuale, oppure del rumore ferroviario e stradale, il fonometro può essere utilizzato come registratore degli eventi sonori a più parametri, associando le caratteristiche di analizzatore di spettro e statistico. Calibrazioni elettriche e test diagnostici possono essere effettuati a distanza, utilizzando le funzioni di controllo remoto.

Il fonometro HD2110L è in grado di effettuare tutti i rilievi previsti dalla normativa inerente la valutazione dell'inquinamento acustico (Decreto del 16 marzo 1998 in GU n.76 del 1 aprile 1998). L'identificazione di eventi impulsivi è agevole, grazie alla possibilità di analizzare il profilo del livello con ponderazione A e costanti FAST, SLOW ed IMPULSE. Tutti i parametri di misura sono comunque memorizzabili per successive analisi.

Con l'opzione "Terzi d'ottava", anche l'identificazione di componenti tonali risulta semplificata e priva di fattori di incertezza visualizzando e registrando gli spettri del livello minimo valutato con una qualsiasi ponderazione a larga banda (Z, C oppure A) sia per bande di terzo d'ottava con frequenze centrali standard da 16 Hz a 20 kHz, che con frequenze centrali spostate sulla zona di incrocio delle prime da 14 Hz a 18 kHz. L'udibilità della componente tonale, da confrontare con quella delle restanti porzioni di spettro, è valutabile con il programma per PC NoiseStudio e, direttamente sul campo, grazie alla funzione di calcolo in tempo reale delle curve isofoniche.

Il fonometro HD2110L, con l'opzione "Tempo di Riverbero" è in grado di effettuare tutti i rilievi previsti dalla normativa inerente la valutazione dei requisiti acustici passivi degli edifici. Il potente DSP del fonometro calcola 32 spettri al secondo permettendo la misura di tempi di riverbero, in conformità alla norma UNI EN ISO 3382, sia con il metodo dell'interruzione della sorgente sonora che con la tecnica della sorgente impulsiva.

L'HD2110L analizza i profili di decadimento del livello sonoro con il metodo dei minimi quadrati, simultaneamente sia per bande d'ottava da 125Hz a 4kHz che, opzionalmente, di terzo d'ottava da 100Hz a 5kHz, in conformità con le metodologie di controllo, tecnico-progettuale e di precisione definite dalle UNI EN ISO 3382-1 del 2009 e 3382-2 del 2008.

L'HD2110L è configurabile secondo le esigenze: le diverse opzioni sono attivabili, oltre che sullo strumento nuovo, anche in seguito, quando le esigenze di utilizzo lo richiederanno. Le opzioni disponibili sono le seguenti:

### **Opzione "Terzi d'ottava"**

L'opzione "Terzi d'ottava" aggiunge un doppio banco di filtri di terzo d'ottava da 16 Hz a 20 kHz e da 14 Hz a 18 kHz (spostati di mezza banda verso le basse frequenze) in classe 1 secondo la IEC 61260. Il banco di filtri opera in parallelo a tutte le altre misure. L'udibilità delle diverse componenti dello spettro è valutabile applicando le ponderazioni A o C e utilizzando, sullo spettro non ponderato, la funzione di calcolo delle curve isofoniche direttamente visibile a display.

### **Opzione "FFT" (richiede l'opzione "Terzi d'ottava")**

L'opzione "FFT" aggiunge le seguenti funzioni:

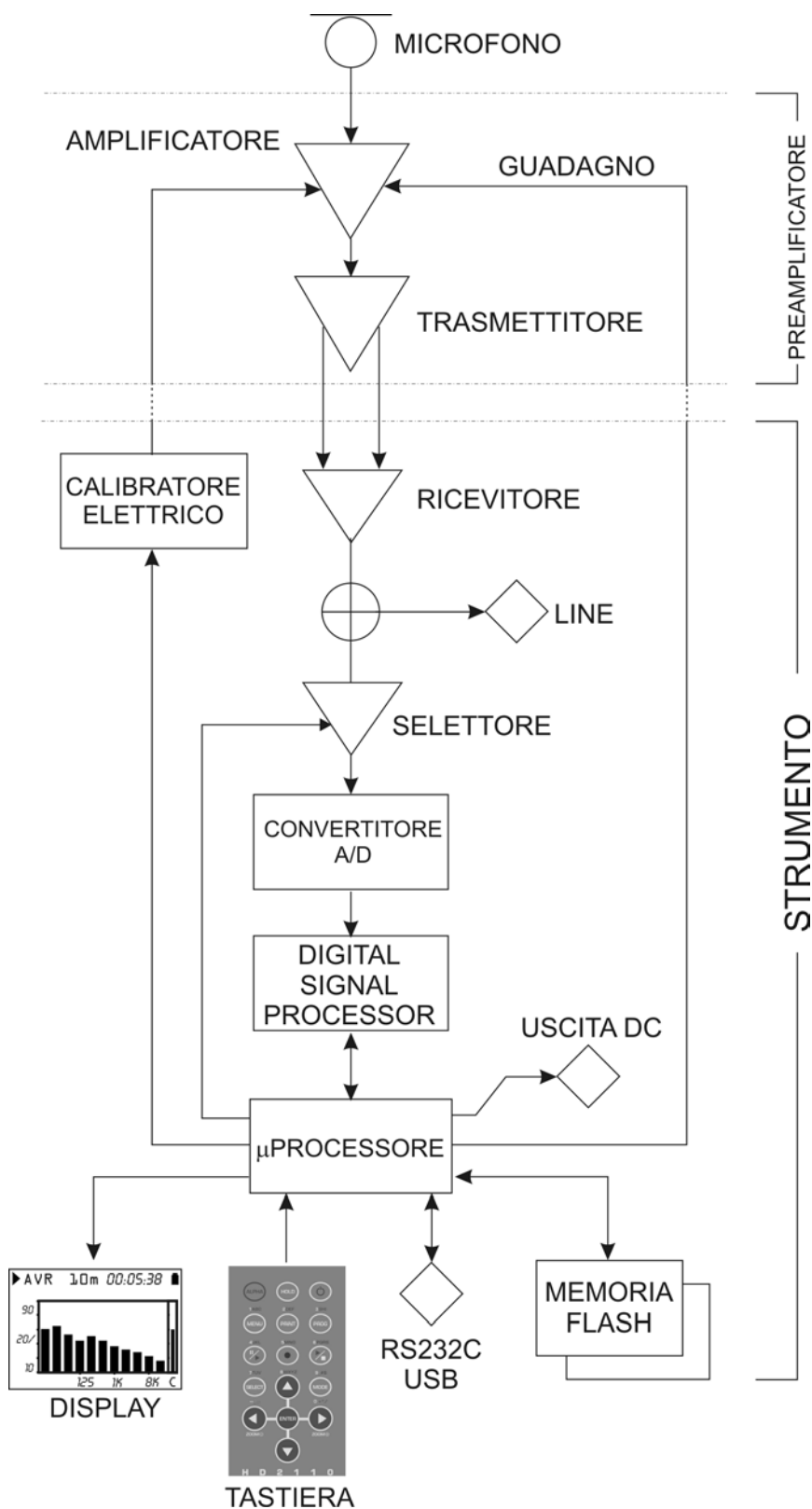
- Il livello integrato linearmente su 1/32s (*Leq Short*), con ponderazione A, C o Z, è disponibile per la memorizzazione.
- L'analisi spettrale in tempo reale viene effettuata, oltre che per bande d'ottava e di terzo d'ottava, anche per *banda fine (FFT)* su tutto il campo audio con risoluzione variabile in funzione della frequenza da 1.5Hz a 100Hz. L'analisi spettrale per banda fine fornisce 2 spettri al secondo, senza penalizzazioni sulla dinamica di misura del fonometro e simultaneamente agli spettri per banda d'ottava e di terzo d'ottava.

### **Opzione "Tempo di Riverbero"**

Con questa opzione l'HD2110L è in grado di effettuare misure del tempo di riverbero sia con la tecnica della interruzione della sorgente sonora che con la tecnica della sorgente impulsiva secondo le prescrizioni della norma UNI EN ISO 3382-2 del 2008. La misura viene effettuata contemporaneamente per banda d'ottava da 125 Hz ad 8 kHz e opzionalmente per banda di terzo d'ottava da 100 Hz a 10 kHz.

L'intervallo di campionamento è pari ad  $1/32$  s ed il calcolo dei tempi di riverbero EDT, T10, T20 e T30 viene effettuato automaticamente per tutte le bande.

### Schema a blocchi dell'HD2110L



**Fig. 2 - Schema a blocchi dello strumento**

Nello schema a blocchi sono rappresentati gli elementi fondamentali del fonometro HD2110L.

## Il microfono

Il microfono in dotazione, l'MC21E, è del tipo a condensatore pre-polarizzato, di diametro standard pari a  $\frac{1}{2}$ " e presenta una sensibilità pari a 50 mV/Pa. Con questo microfono la risposta in frequenza in campo libero risulta piatta su tutto il campo audio ed il livello sonoro massimo misurabile dell'HD2110L è pari a 140 dB.

Il microfono MC21E soddisfa i requisiti della norma internazionale IEC 61094-4 per il tipo WS2F.

Opzionalmente è possibile montare altri tipi di microfono con le stesse caratteristiche elettromeccaniche dell'MC21E e conformi alla norma IEC 61094-4, come ad esempio l'MC22E, che presenta una risposta in frequenza ottimizzata per misure in campo diffuso oppure MC21P ed MC22P, a condensatore polarizzati a 200V, ottimizzati per misure in campo libero e diffuso rispettivamente.

Sono disponibili inoltre microfoni del tipo a condensatore pre-polarizzati, ottimizzati per misure in campo libero, di diametro pari a  $\frac{1}{4}$ " con sensibilità pari a 2 mV/Pa (MC24E) e 0.25 mV/Pa (MC24EH). Con questi microfoni la risposta in frequenza in campo libero risulta piatta su tutto il campo audio ed il livello sonoro massimo misurabile dell'HD2110L è pari a 160 dB e 180 dB rispettivamente.

*Per maggiori dettagli riguardo le specifiche tecniche dei microfoni abbinabili al fonometro HD2110L consultare i relativi manuali.*

## L'unità microfonica per esterni HDWME

L'unità microfonica HDWME è adatta a rilievi prolungati nel tempo in ambiente esterno, anche in postazione fissa non presidiata. L'unità è adeguatamente protetta dalla pioggia e dal vento ed il preamplificatore riscaldato fornisce stabilità dei parametri acustici nel tempo e permette di effettuare rilievi in un ampio intervallo di condizioni ambientali.

Il preamplificatore dei fonometri Delta Ohm, abbinato all'unità microfonica per esterni, è dotato di un circuito per la calibrazione elettrica della catena preamplificatore - capsula microfonica, che utilizza una tecnica a ripartizione di carica.

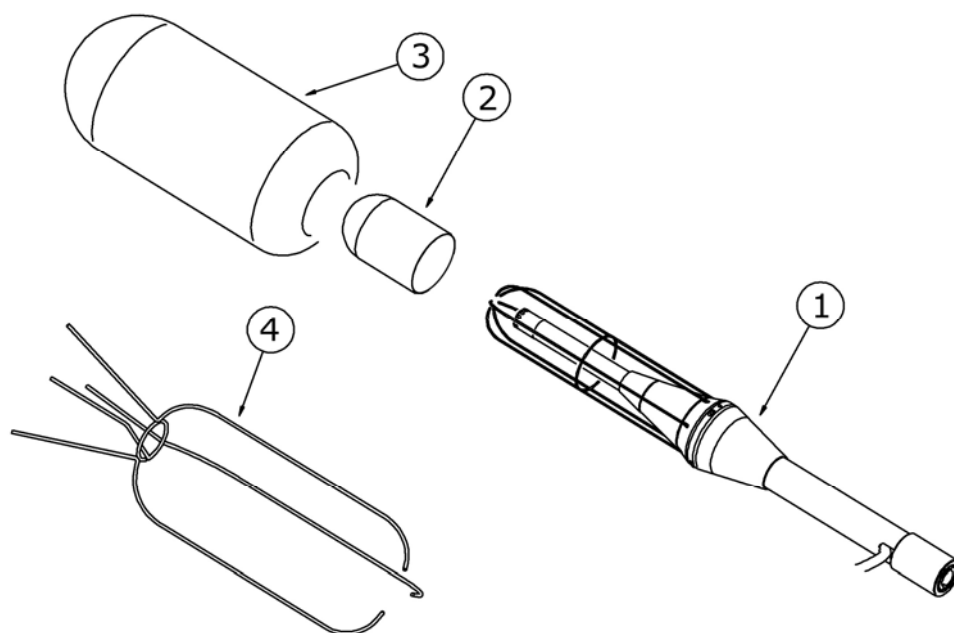
La risposta in frequenza in campo libero dell'unità rispetta le specifiche di classe 1 secondo la IEC 61672 (e la IEC60651).

**L'unità microfonica HDWME deve essere sempre posizionata in verticale** per permettere alla protezione anti-pioggia di svolgere la sua funzione e può essere utilizzata sia per rilevare il rumore aereo che quello proveniente dal suolo. I fonometri Delta Ohm apportano correzioni spettrali alle misure in modo da garantire tolleranze di classe 1 secondo la IEC61672 in ogni situazione.

La facilità di smontaggio e rimontaggio dell'unità consente di effettuare la verifica periodica delle caratteristiche elettroacustiche allo stesso modo di un normale microfono di misura, utilizzando un calibratore standard per microfoni da  $\frac{1}{2}$ ".



L'unità è composta da un corpo centrale e dalle seguenti parti:



- **HDSAV3**: schermo antivento (3)
- **HDWME1**: dissuasore per volatili (4)
- **HDWME2**: protezione per la pioggia (2)
- **HDWME3**: supporto in acciaio inox (1)
- **Capsula microfonica** con risposta in frequenza ottimizzata per “campo libero”:
- **Preamplificatore microfonico**.
- **Cavo di connessione** da 5m (altre lunghezze disponibili su richiesta fino a 100m).

Per maggiori dettagli sull'uso dell'unità per esterni, si vedano i capitoli dedicati alla calibrazione a pag. 63 e al suo montaggio e smontaggio in appendice a pag. 180.

## Il preamplificatore

Il preamplificatore svolge il compito di amplificare il debole segnale fornito dal microfono. Il preamplificatore ha un guadagno selezionabile tra 0 e 10dB ed è dotato di un dispositivo di calibrazione che consente il rilievo della risposta in frequenza di tutta la catena di amplificazione, incluso il microfono, mediante uno schema a ripartizione di carica descritto in dettaglio a pag. 67.

Uno speciale driver d'uscita consente di trasmettere il segnale microfonico su cavo fino ad una distanza di 100m. Il preamplificatore dell'HD2110L presenta una risposta lineare in frequenza fino a 40 kHz.

Sono disponibili i seguenti modelli:

- **HD2110PL**: preamplificatore microfonico con attacco standard per microfoni da 1/2" polarizzati a 200V e driver per cavo. Questo preamplificatore, dotato del dispositivo CTC per la calibrazione elettrica, può essere direttamente inserito nel fonometro HD2110L oppure collegato mediante cavo prolunga fino a 100m. È compatibile con i microfoni MC21P e MC22P.
- **HD2110PEL**: modello simile al preamplificatore HD2110PL adatto per microfoni pre-polarizzati. È compatibile con i microfoni MC21E e MC22E.

- **HD2110PEWL:** preamplificatore microfonico con attacco standard per microfoni da 1/2" pre-polarizzati e driver per cavo, abbinabile alla protezione microfonica per esterni HDWME. Questo preamplificatore, dotato del dispositivo CTC per la calibrazione elettrica, può essere collegato al fonometro mediante il cavo da 5m in dotazione (altre lunghezze a richiesta). È compatibile con il microfono MC21E.
- **HD2110PEL4:** preamplificatore microfonico per microfono da 1/4" MC24E. Dotato del dispositivo CTC per la calibrazione elettrica e di driver per cavo fino a 100m. Richiede l'adattatore microfonico HDP079A02.
- **HD2110PEL4H:** preamplificatore microfonico per microfono da 1/4" MC24EH. Dotato del dispositivo CTC per la calibrazione elettrica e di driver per cavo fino a 100m. Richiede l'adattatore microfonico HDP079A02.

## Lo strumento

Il segnale del preamplificatore giunge al ricevitore dello strumento che lo invia all'uscita LINE ed all'ingresso del convertitore A/D. È possibile impostare lo strumento in modo da escludere il segnale proveniente dal preamplificatore ed utilizzare, al suo posto, il segnale del canale LINE che è quindi configurabile anche come ingresso.

Il segnale analogico viene convertito in forma numerica a 25 bit dall'A/D. L'eccezionale risoluzione del convertitore, che si estende su un campo di oltre 140 dB, consente di mantenere un'elevata precisione su un campo misure di circa 110 dB dove l'errore di digitalizzazione risulta trascurabile. Nel DSP vengono calcolati in parallelo i livelli con le ponderazioni di frequenza a larga banda (A, C e Z) ed i livelli con le ponderazioni a larghezza di banda percentuale costante sia d'ottava che di terzo d'ottava (opzione "Terzi d'ottava"). Vengono inoltre calcolati i livelli di picco (C e Z). I livelli calcolati dal DSP vengono trasmessi al microprocessore per poter essere ulteriormente elaborati, visualizzati, memorizzati e stampati.

Il microprocessore sovrintende tutti i processi dello strumento: la gestione del calibratore elettrico, della memoria Flash, il display, la tastiera e l'interfaccia seriale multi-standard (RS232C ed USB).

## DESCRIZIONE DELLE DIVERSE MODALITÀ DI VISUALIZZAZIONE

L'HD2110L misura simultaneamente 5 parametri a scelta (anche statistici) ad una cadenza fissa pari a 2 misure/s; misura inoltre un parametro a scelta ad intervalli programmabili da 1/8 s ad 1h; contemporaneamente calcola gli spettri per bande d'ottava e di terzo d'ottava (opzione "Terzi d'ottava"), con una cadenza massima pari a 2 spettri/s e, con l'opzione, lo spettro per banda fine FFT. Come analizzatore statistico, calcola la distribuzione di probabilità ed i livelli percentili. Per poter visualizzare tutti questi dati l'HD2110L prevede 7 diverse modalità di visualizzazione riprodotte nelle figure seguenti.

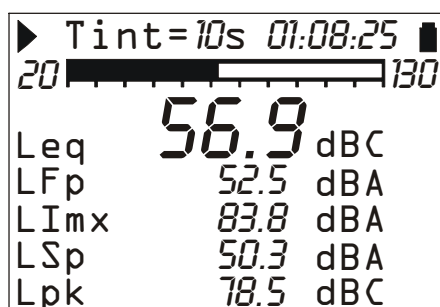


Fig. 3 - SLM

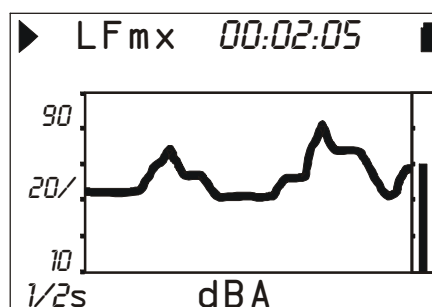


Fig. 4 - Profilo temporale

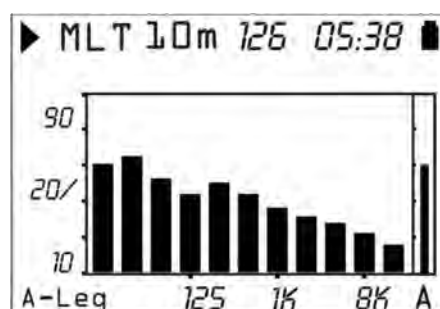


Fig. 5 - Ottave

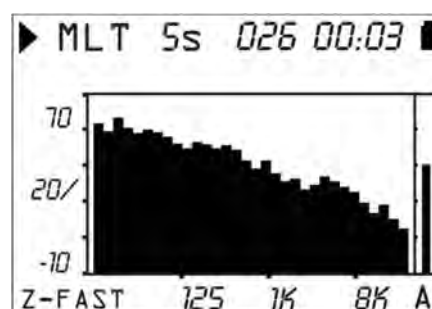


Fig. 6 - Terzi d'Ottava (opzionale)

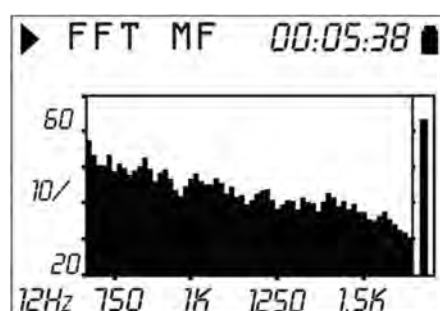


Fig. 7 - FFT (opzionale)

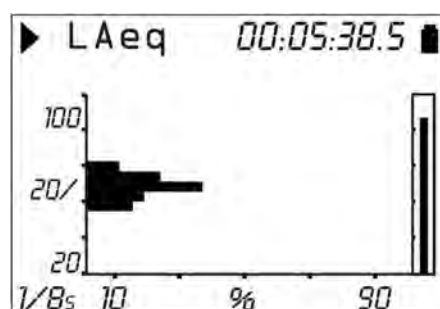


Fig. 8 - Distribuzione di probabilità

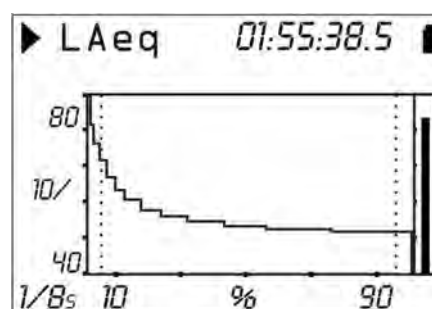


Fig. 9 - Livelli percentili



Per passare da una schermata alla successiva si può premere in qualsiasi momento il tasto **MODE**: appariranno, nell'ordine, la schermata **SLM** con 5 parametri di misura in forma numerica, la schermata **Profilo** con l'andamento temporale di un parametro, le schermate **Ottave** e **Terzi d'Ottava** (opzionale), rispettivamente con gli spettri per bande d'ottava da 16 Hz a 16 kHz e di terzo d'ottava da 16 Hz a 20 kHz, la schermata dello Spettro per banda fine **FFT** (opzionale), la schermata **Distribuzione di probabilità** e la schermata dei **Livelli percentili**. All'accensione il fonometro visualizza la schermata SLM.

La visualizzazione delle schermate Ottave, Terzi d'ottava e FFT può essere disabilitata utilizzando i rispettivi parametri nel menu (Menu >> Analizzatore di Spettro >> Display...).

Anche le schermate **PROBABILITA'** e **PERCENTILI** possono essere disabilitate, utilizzando il parametro Menu >> Analizzatore Statistico >> Display Statistica (consultare il paragrafo "DESCRIZIONE DELLE FUNZIONI DEL MENU" a pag. 52).

Alcune indicazioni del display appaiono in tutte le modalità e sono (si veda la figura accanto):

- l'indicatore di stato dell'acquisizione,
- l'indicatore di sovraccarico,
- l'indicatore di carica residua delle batterie.

Il primo simbolo posto nell'angolo in alto a sinistra del display indica lo stato di acquisizione del fonometro.

**RUN**: strumento in acquisizione.

**PAUSE**: il calcolo delle misure integrate e l'eventuale registrazione delle misure sono sospesi. I parametri istantanei continuano ad essere misurati e visualizzati.

**REC**: strumento in acquisizione e registrazione.

**STOP**: lo strumento non effettua alcuna misura.

**HOLD**: il calcolo delle misure integrate è giunto al termine dell'intervallo di integrazione impostato oppure è stato premuto il tasto HOLD.

**W (Warm Up)**: segnale che appare all'accensione dello strumento e si spegne dopo circa un minuto. Avverte l'utente di attendere il tempo necessario allo strumento per portarsi a regime termico, al fine di garantire le migliori prestazioni.

**P (Print)**: segnala che è in corso la stampa del dato corrente.

**M (Monitor)**: indica (lampeggio) che è stata avviata la stampa continua dei dati.

**R (Replay)**: appare (lampeggio) quando si sta utilizzando il programma "Navigatore" per visualizzare un file salvato nella memoria dello strumento (si veda a pag. 60).

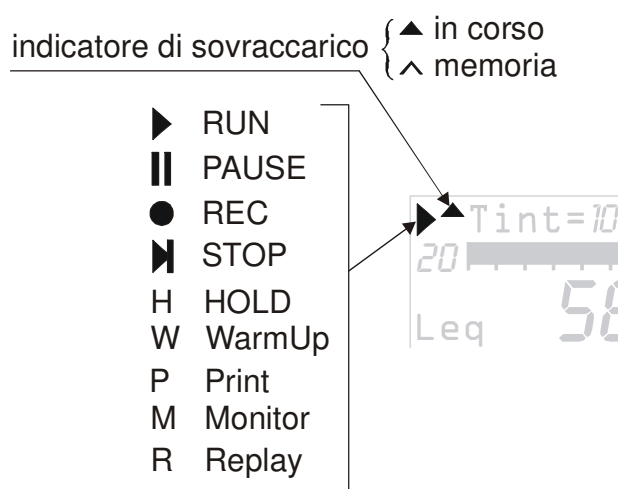


Fig. 10

Subito alla destra del simbolo che indica la modalità di acquisizione, è posto il simbolo che indica l'eventuale **sovraccarico**. Una freccia rivolta verso l'alto indica che il livello di ingresso ha superato il livello massimo misurabile.

Il livello massimo misurabile nelle diverse impostazioni del selettore del campo misure è riportato nelle specifiche tecniche (si veda a pag. 111). Utilizzando un apposito parametro (MENU >> Generale >> Misure >> Livello Sovraccarico) è possibile programmare il limite massimo misurabile a livelli inferiori (si veda a pag. 111).

Una freccia con l'interno vuoto è la memoria dell'avvenuto superamento del limite mentre una freccia piena indica che il sovraccarico è in corso. Non è necessaria alcuna indicazione di sotto-campo in quanto il limite minimo misurabile è limitato unicamente dal rumore elettrico, come riportato nelle specifiche tecniche.

Alla destra dell'indicatore di sovraccarico viene visualizzato il **tempo di integrazione Tint** dello strumento, che è programmabile da 1s a 99h.

Nell'angolo in alto a destra si trova il **simbolo di batteria**. La scarica delle batterie viene visualizzata come un progressivo svuotamento del simbolo. Quando l'autonomia dello strumento è pari a circa il 10%, che equivale approssimativamente a 30 minuti in acquisizione continua, il simbolo di batteria lampeggia. Un dispositivo di protezione impedisce allo strumento di eseguire misure con livelli di carica insufficienti e spegne automaticamente lo strumento quando il livello di carica è sceso al minimo.

Il livello di carica delle batterie, espresso in percentuale, è visibile nella schermata principale del menu e nella schermata dei programmi; vi si accede rispettivamente premendo i tasti MENU e PROG. Premendo nuovamente i tasti MENU e PROG si ritorna alla schermata di misura.

Premendo il tasto **SELECT** si selezionano in successione alcuni parametri relativi alla schermata visualizzata. Mentre il parametro selezionato lampeggia, è possibile modificarlo agendo sui tasti UP e DOWN. Premendo ENTER, oppure automaticamente dopo circa 10s, si uscirà dalla modalità di selezione.

In modalità di visualizzazione grafica è possibile modificare i parametri della scala verticale utilizzando i tasti UP, DOWN, LEFT e RIGHT: i tasti LEFT e RIGHT rispettivamente comprimono ed espandono la scala verticale, i tasti UP e DOWN diminuiscono ed aumentano i livelli di inizio e fine della scala verticale; il grafico risulta in questo modo spostato rispettivamente verso l'alto e verso il basso.

## MODALITÀ SLM (SOUND LEVEL METER)

Questa è la modalità di visualizzazione che si presenta all'accensione dello strumento.

È possibile visualizzare simultaneamente 5 parametri a scelta tra i seguenti:

- Parametri acustici *istantanei* in banda larga come  $L_p$ ,  $L_{eq}(\text{Short})$  ed  $L_{pk}$ . Il livello di pressione viene visualizzato come il livello massimo raggiunto ogni 0.5s.
- Parametri acustici *integrati* in banda larga, come  $L_{pmax}$ ,  $L_{eq}$ ,  $L_{leq}$  ed  $L_{pkmax}$ , aggiornati ogni 0.5s.
- Fino a 4 livelli percentili a scelta da  $L_1$  ad  $L_{99}$
- Livello di esposizione sonora
- Valore medio delle misure (Mean)
- Deviazione standard delle misure (SDev)
- Dose e Dose giornaliera con Exchange Rate, Criterion Level e Threshold Level programmabili
- Tempo in Sovraccarico (in %)

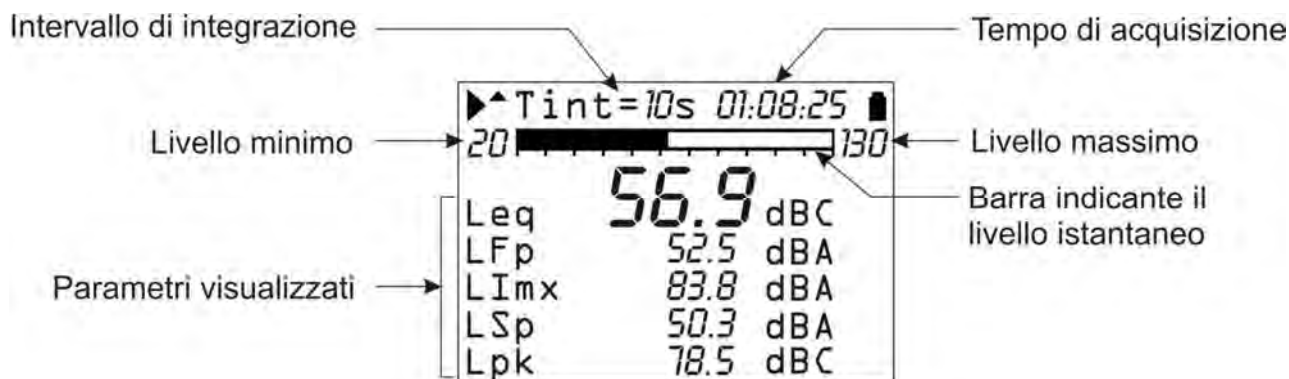
L'aggiornamento del display avviene ogni 0.5 secondi.

La registrazione dei dati varia in base all'attivazione o meno della funzione **Auto-Store**, come descritto nella tabella seguente.

Auto-Store: OFF	Auto-Store: ON
Registrazione 2 volte al secondo con abilitazione nel menu <i>Registrazione</i> . Stop automatico al termine dell'intervallo di integrazione impostato.	Registrazione automatica della schermata SLM, assieme ad OTTAVE e TERZI D'OTTAVA (opzionale) in modalità AVR, al termine dell'intervallo di integrazione impostato.

## Descrizione del display

Il display visualizza nella parte superiore sinistra il simbolo dello stato dell'acquisizione e l'indicatore di sovraccarico (descritti all'inizio del presente capitolo). Al centro in alto è riportato l'intervallo di integrazione mentre, sulla destra, il tempo di acquisizione nel formato ore:minuti:secondi. Nell'angolo a destra è presente il simbolo del livello di carica delle batterie.



**Fig. 11 - Descrizione del display in modalità SLM**

La barra “analogica” indica il livello istantaneo di pressione sonora in un intervallo di 110dB. Nella parte centrale del display viene evidenziato il parametro principale di misura, mentre nella parte inferiore vengono visualizzati 4 ulteriori parametri. Tutti i parametri visualizzati possono essere scelti liberamente fra quelli disponibili. Non vi sono vincoli nella scelta delle ponderazioni di frequenza. I parametri di misura sono visualizzati con una etichetta abbreviata, seguita dal valore numerico e dall’unità di misura, eventualmente seguita dalla ponderazione di frequenza. La corrispondenza tra l’etichetta e l’effettivo parametro è fornita in appendice a pag. 147.

I parametri integrati come il Leq (e Lmax o Lmin), che comportano l’accumulo nel tempo del livello sonoro campionato, vengono visualizzati con una serie di trattini (- - -) finché il parametro rimane inferiore al livello minimo misurabile.

Prima di iniziare una nuova acquisizione, il fonometro azzerava automaticamente tutte le misurazioni.

## Selezione dei parametri

Alcuni parametri di misura (intervallo di integrazione, campo misure ed i cinque parametri) possono essere modificati direttamente dalla schermata SLM, senza accedere ai menu.

Premendo il tasto SELECT si selezionano in successione i vari parametri. Mentre il parametro selezionato lampeggia, è possibile modificarlo agendo sui tasti UP e DOWN.

Se viene selezionato un parametro con attributo, come ad esempio il parametro di misura LFp (livello di pressione ponderato FAST) in Fig. 11, lampeggerà anche la ponderazione di frequenza relativa (“A” nell’esempio riportato). In questo caso premendo UP e DOWN è possibile modificare il parametro selezionato senza modificare l’attributo; ad esempio è possibile, premendo DOWN, passare dal parametro LFp ponderato A al parametro LSp ponderato A.

Premendo il tasto RIGHT si passerà alla selezione dell’attributo, che sarà il solo a lampeggiare. Con i tasti UP e DOWN sarà quindi possibile modificare l’attributo; ad esempio è possibile, premendo UP, passare da LSp ponderato A a LSp ponderato Z.

In fase di selezione dell’attributo è possibile passare alla selezione del parametro premendo il tasto LEFT.

Premendo SELECT si seleziona il prossimo parametro; invece premendo ENTER, oppure automaticamente dopo circa 10s, si uscirà dalla modalità di selezione.

**La modifica di un qualsiasi parametro è permessa solo con strumento in STOP:** se si tenta di apportare modifiche ad uno qualsiasi dei parametri con strumento in una condizione diversa

dallo STOP, appare la schermata che richiede di fermare la misura in corso: premendo YES è possibile fermare l'acquisizione e continuare con la modifica dei parametri; premendo NO continua l'acquisizione senza interruzioni.

Le impostazioni appena descritte possono anche essere fatte entrando nel menu di configurazione dello strumento. Si veda la descrizione dettagliata a pag. 52.

### **Funzione Cancellazione (esclusione dati)**

Il tasto **PAUSE/CONTINUE** viene usato in fase di acquisizione per sospendere una misura in corso.

Tutti i dati acquisiti fino al momento in cui è stato premuto il tasto, vengono utilizzati per il calcolo dei parametri integrati. Vi sono però dei casi in cui è utile poter eliminare l'ultima parte delle misure acquisite appena prima della pressione del tasto PAUSE, per esempio perché generate da eventi imprevisti e non caratterizzanti il rumore sotto esame.

Durante la misura, premere il tasto PAUSE/CONTINUE: l'aggiornamento delle misure integrate viene sospeso. A questo punto è possibile cancellare l'ultima parte dei dati acquisiti, premendo la freccia LEFT.

Nella posizione occupata dal tempo di integrazione, apparirà temporaneamente la scritta "Canc" accompagnata dal rispettivo intervallo di tempo, in secondi, da cancellare.

L'intervallo di cancellazione può essere aumentato o diminuito utilizzando i tasti LEFT e RIGHT. I parametri integrati visualizzati variano in funzione della cancellazione impostata, in modo che si possa sceglierne l'entità in funzione dell'effettiva necessità. Alla successiva pressione del tasto PAUSE/CONTINUE la misura riprenderà ed i parametri integrati saranno effettivamente stati decurtati dell'intervallo selezionato.

Il tempo massimo di cancellazione, suddiviso in 5 passi, viene impostato da menu: MENU >> Generale >> Misure >> Cancellazione Massima. L'insieme di valori impostabili è 5, 10, 30 o 60 secondi, rispettivamente con passi da 1s, 2s, 6s o 12s.

## MODALITÀ PROFILO TEMPORALE

Questa modalità di visualizzazione presenta il profilo temporale di un parametro. È possibile selezionare un parametro a scelta tra quelli integrati, come  $L_{pmax}$ ,  $L_{pmin}$ ,  $L_{eq}$  e  $L_{pkmax}$ , sia in banda larga che per bande d'ottava o di terzo d'ottava (opzione "Terzi d'ottava").

Il tempo di integrazione è programmabile da 1/8s ad 1h (da 1/2s ad 1h per i livelli con filtro a banda percentuale costante) e vengono visualizzati gli ultimi 100 livelli misurati.

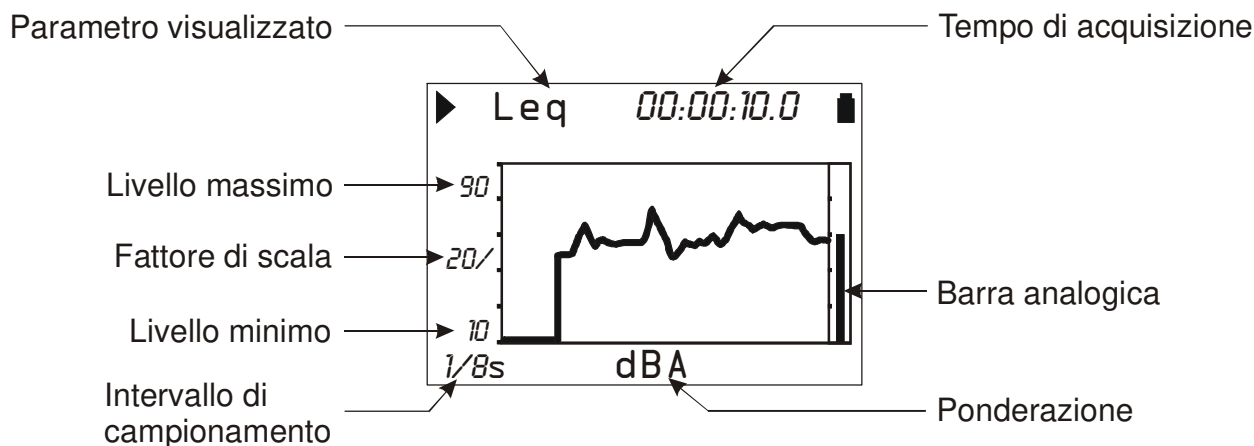
Il fonometro HD2110L calcola il livello sonoro, ponderato A, C o Z, 128 volte al secondo. La schermata Profilo fornisce la maggiore risoluzione temporale, mettendo a disposizione fino ad 8 valori al secondo sia per livelli pesati esponenzialmente (ad es.  $L_{Fmx}$ ) che linearmente (ad es.  $L_{eq}$ ). Per esempio, quando si sceglie di visualizzare il profilo del livello di pressione FAST massimo ( $L_{Fmx}$ ), viene esaminato il flusso di 128 campioni al secondo del livello di pressione FAST e viene visualizzato il livello massimo ad intervalli pari al tempo di profilo impostato.

Premendo il tasto HOLD si blocca l'aggiornamento della visualizzazione; lo strumento continua tuttavia ad effettuare misure ed è possibile riprendere l'aggiornamento della visualizzazione premendo nuovamente il tasto HOLD.

Lo stato di HOLD non influisce sul funzionamento della stampa continua (*Monitor*) o della registrazione. Se viene attivata la registrazione continua, con la modalità di acquisizione singola, il tempo di integrazione agisce come un timer che blocca automaticamente l'acquisizione al termine dell'intervallo impostato.

*Questa schermata non viene registrata nella modalità Auto-Store.*

## Descrizione del display



**Fig. 12 - Descrizione del display in modalità Profilo**

La Fig. 12 mostra, ad esempio, il profilo temporale del  $L_{eq}$  ponderato A con un intervallo di campionamento di 0.125s. È possibile, ad esempio, visualizzare l'andamento temporale del livello massimo di pressione ponderato FAST ogni secondo, scegliendo come parametro  $L_{Fmax}$  e come tempo di campionamento 1s.

Il display riporta, nell'angolo inferiore sinistro, l'intervallo di campionamento. Sempre nella parte inferiore del display, al centro, è visualizzata l'unità di misura e la ponderazione di frequenza del parametro di misura prescelto.

L'ampiezza della scala verticale del grafico visualizzato è pari a 5 divisioni. L'ampiezza di ogni divisione è denominata "fattore di scala" del grafico ed appare al centro dell'asse verticale. Questo parametro è selezionabile in tempo reale tra 20dB, 10dB oppure 5dB per divisione, utilizzando i tasti RIGHT (zoom +) e LEFT (zoom -).

Il fondo scala del grafico può essere impostato con le frecce UP e DOWN, a passi pari al fattore di scala selezionato, a partire dal fondo scala dello strumento<sup>1</sup>. Premendo i tasti UP oppure DOWN, si ottiene rispettivamente un “innalzamento” oppure di un “abbassamento” del grafico.

Nella porzione destra del display un indicatore a barra “analogica” fornisce il livello istantaneo non ponderato del livello di pressione sonora in ingresso, analogamente alla barra della modalità SLM.

Alcuni parametri possono essere modificati, senza bisogno di accedere ai menu, utilizzando i tasti SELECT, le quattro frecce UP, DOWN, LEFT e RIGHT ed il tasto ENTER: oltre alla scala verticale del grafico, anche il parametro visualizzato, la sua ponderazione di frequenza ed il tempo di profilo (si veda il paragrafo “Selezione dei parametri” a pag. 20 per i dettagli).

Per questa modalità di visualizzazione le funzioni *Registrazione* e *Monitor* si comportano come nella modalità SLM, con l’unica differenza che l’intervallo temporale con cui i dati vengono registrati oppure inviati all’interfaccia seriale è programmabile e corrisponde all’intervallo di campionamento; fanno eccezione i tempi di campionamento pari ad 1/8s ed 1/4s: in questo caso vengono registrati oppure inviati all’interfaccia rispettivamente 4 valori e 2 valori ogni 0.5s.

La modalità di integrazione e la funzione Auto-Store non influenzano il funzionamento della registrazione per questa schermata.

Il livello sonoro visualizzato in questa schermata può essere utilizzato come sorgente per il trigger d’evento (consultare il paragrafo “FUNZIONE TRIGGER D’EVENTO” a pag. 41).

## Uso dei cursori

La pressione del tasto CURSOR del tastierino attiva i cursori sul grafico. Premendo ripetutamente il tasto, vengono attivati in successione il primo cursore L1, il secondo cursore L2 od entrambi  $\Delta L$  in coppia: il cursore selezionato lampeggia. Con le frecce LEFT e RIGHT del tastierino si spostano il cursore o i cursori selezionati, sul grafico.

Nella seconda riga in alto del display vengono visualizzati il livello del parametro di misura ed il tempo individuati dal cursore attivo oppure l’intervallo di tempo e la differenza di livello  $L_1-L_2$  tra i due cursori quando sono attivi entrambi.

Il livello del parametro viene visualizzato con una serie di trattini (- - -) finché è inferiore al livello minimo misurabile.

I cursori vengono disabilitati premendo nuovamente il tasto CURSOR.

---

<sup>1</sup> Il fondo scala dello strumento viene determinato dalla scelta del guadagno d’ingresso selezionato nel menu alla voce MENU >> Generale >> Misure >> Guadagno di Ingresso.

## MODALITÀ SPETTRO (PER BANDE D'OTTAVA E DI TERZO D'OTTAVA)

La modalità di funzionamento come **analizzatore di spettro** prevede la visualizzazione dello spettro di frequenza per bande d'ottava da 16Hz a 16kHz e di terzo d'ottava da 16Hz a 20kHz (opzione "Terzi d'ottava"). L'analisi spettrale viene eseguita ed eventualmente memorizzata su campioni non ponderati (Z) mentre la visualizzazione può anche essere ponderata A o C, per una rapida valutazione dell'udibilità delle diverse componenti spettrali.

Lo spettro per bande d'ottava o di terzo d'ottava è accompagnato, per possibili comparazioni, da un livello a larga banda che può essere ponderato A, B, C oppure Z a scelta. La ponderazione a larga banda scelta viene chiamata "*ponderazione ausiliaria*" ed ha un ruolo attivo nell'analisi multispettro massima o minima.

In alternativa alle ponderazioni di frequenza standard, lo spettro per terzi d'ottava può essere accompagnato da un livello calcolato sommando, in un intervallo programmabile, fino ad un massimo di 10 bande di terzo d'ottava adiacenti (U). Ad esempio è possibile confrontare lo spettro di terzi d'ottava con il livello sonoro calcolato sommando i livelli delle bande nell'intervallo da 20 Hz a 200 Hz.

La modalità di acquisizione dello spettro si può scegliere tra:

- Mediato linearmente (**AVR**) con tempi di integrazione da 1s fino a 99 ore.
- Multispettro (**MLT**), anche massimo (**MAX**) o minimo (**MIN**) con intervallo di integrazione parziale programmabile da 0.5s ad 1h, mediato linearmente (**LIN**) oppure esponenzialmente (**EXP**) con pesi FAST (0.125 s) oppure SLOW (1 s).

Lo spettro mediato (**AVR**) viene integrato linearmente banda per banda per la durata del tempo di integrazione impostato (da 1s a 99h) in comune con la modalità SLM.

Lo strumento entrerà automaticamente in modalità HOLD quando raggiungerà il tempo di integrazione impostato, questo per consentire l'esame e l'eventuale stampa o memorizzazione del risultato. Premendo il tasto HOLD sarà possibile riprendere l'aggiornamento della visualizzazione.

Se viene attivata la registrazione continua (con la pressione contemporanea dei tasti REC e START), il tempo di integrazione agirà invece come un timer bloccando automaticamente l'acquisizione al termine dell'intervallo Tint impostato.

Quando viene attivata la funzione **Auto-Store** (vedi "LA FUNZIONE REGISTRAZIONE" a pag. 46), l'acquisizione dello spettro viene automaticamente impostata in modalità mediata linearmente (AVR).

L'analisi multispettro (**MLT**) consente di acquisire una sequenza continua di spettri mediati linearmente o esponenzialmente sul tempo di profilo impostato (da 0.5s ad 1h). Mentre gli spettri mediati linearmente forniscono i livelli equivalenti per ciascuna banda sul tempo di profilo, gli spettri mediati esponenzialmente sono calcolati a partire dallo spettro massimo pesato FAST oppure SLOW calcolato ogni 0.5s. Pertanto, mentre l'analisi multispettro (MLT) pesata linearmente è costituita da una sequenza di spettri composti dai livelli equivalenti per banda integrati sul tempo di profilo impostato, l'analisi multispettro (MLT) pesata esponenzialmente è invece costituita da una sequenza di spettri "istantanei" visualizzati ad intervalli corrispondenti al tempo di profilo impostato.

È anche possibile eseguire l'analisi multispettro massima o minima (**MAX** o **MIN**) dove verranno visualizzati gli spettri dei livelli massimo o minimo sul tempo di profilo impostato. In questa modalità gli spettri visualizzati dipendono dall'andamento del livello ausiliario a larga banda impostato. Saranno visualizzati, ad intervalli corrispondenti al tempo di profilo, gli spettri corrispondenti al massimo o minimo livello ausiliario registrato nello stesso intervallo, con una risoluzione di 0.5s. L'analisi multispettro massima o minima (MAX o MIN) pesata linearmente è costituita da una sequenza continua di spettri composti dai livelli equivalenti per banda, integrati su 0.5s, corrispondenti al massimo o minimo livello equivalente, valutato ogni 0.5s, ponderato con la ponderazione ausiliaria scelta.



L'analisi multispettro massima o minima (MAX o MIN) pesata esponenzialmente è costituita da una sequenza continua di spettri corrispondenti al massimo o minimo livello istantaneo pesato FAST oppure SLOW, valutato ogni 0.5s, ponderato in frequenza con la ponderazione ausiliaria scelta.

L'analisi spettrale, normalmente ponderata in frequenza, può anche essere effettuata applicando filtri di frequenza A oppure C. L'analisi spettrale ponderata A oppure C viene utilizzata per valutare l'udibilità delle diverse componenti dello spettro sonoro.

Alcuni parametri possono essere modificati, senza bisogno di accedere ai menu, utilizzando il tasto **SELECT**, le quattro frecce UP, DOWN, LEFT e RIGHT ed il tasto ENTER: premendo ripetutamente il tasto SELECT, si possono selezionare in sequenza il tipo di analisi, il tempo di integrazione o di profilo, il tipo di media, la ponderazione ausiliaria a larga banda, la ponderazione di frequenza dello spettro e la modalità di media temporale lineare (Leq) ed esponenziale FAST o SLOW (si veda il paragrafo "Selezione dei parametri" a pag. 20 per i dettagli).

Per questa modalità di visualizzazione, le funzioni Registrazione Continua e Monitor si comportano come nella modalità SLM, con l'unica differenza che, nel caso di analisi multispettro, anche massimo o minimo (MLT, MAX e MIN), l'intervallo temporale con cui i dati vengono registrati, oppure inviati all'interfaccia seriale, è pari al tempo di profilo impostato.

La funzione Auto-Store modifica il funzionamento della registrazione continua come descritto nella tabella seguente.

Auto-Store: <b>OFF</b>	Auto-Store: <b>ON</b>
Registrazione con abilitazione nel menu <i>Registrazione</i> per le schermate OTTAVE e T.OTTAVA. L'intervallo di registrazione è pari al <i>tempo di profilo spettro</i> impostato oppure è pari a 0.5s per la modalità AVR. Stop automatico al termine dell'intervallo di integrazione impostato.	Solo modalità AVR. Registrazione automatica delle schermate OTTAVE e T.OTTAVA (assieme ad SLM) al termine dell'intervallo di integrazione impostato.

## Descrizione del display

La prima riga del display cambia a seconda della modalità di aggiornamento scelta: se multispettro (MLT, MIN o MAX) o mediata (AVR).

Nel primo caso viene visualizzato, dopo il simbolo dello stato dell'acquisizione e l'indicatore di sovraccarico, la modalità di aggiornamento del grafico (MLT, MAX o MIN), il tempo di integrazione parziale, il numero di spettri già visualizzati ed il tempo di integrazione parziale relativo allo spettro corrente.

Se la modalità di aggiornamento è quella mediata (AVG), appaiono l'intervallo di integrazione (in comune con la modalità di visualizzazione SLM) ed a destra, il tempo di acquisizione.

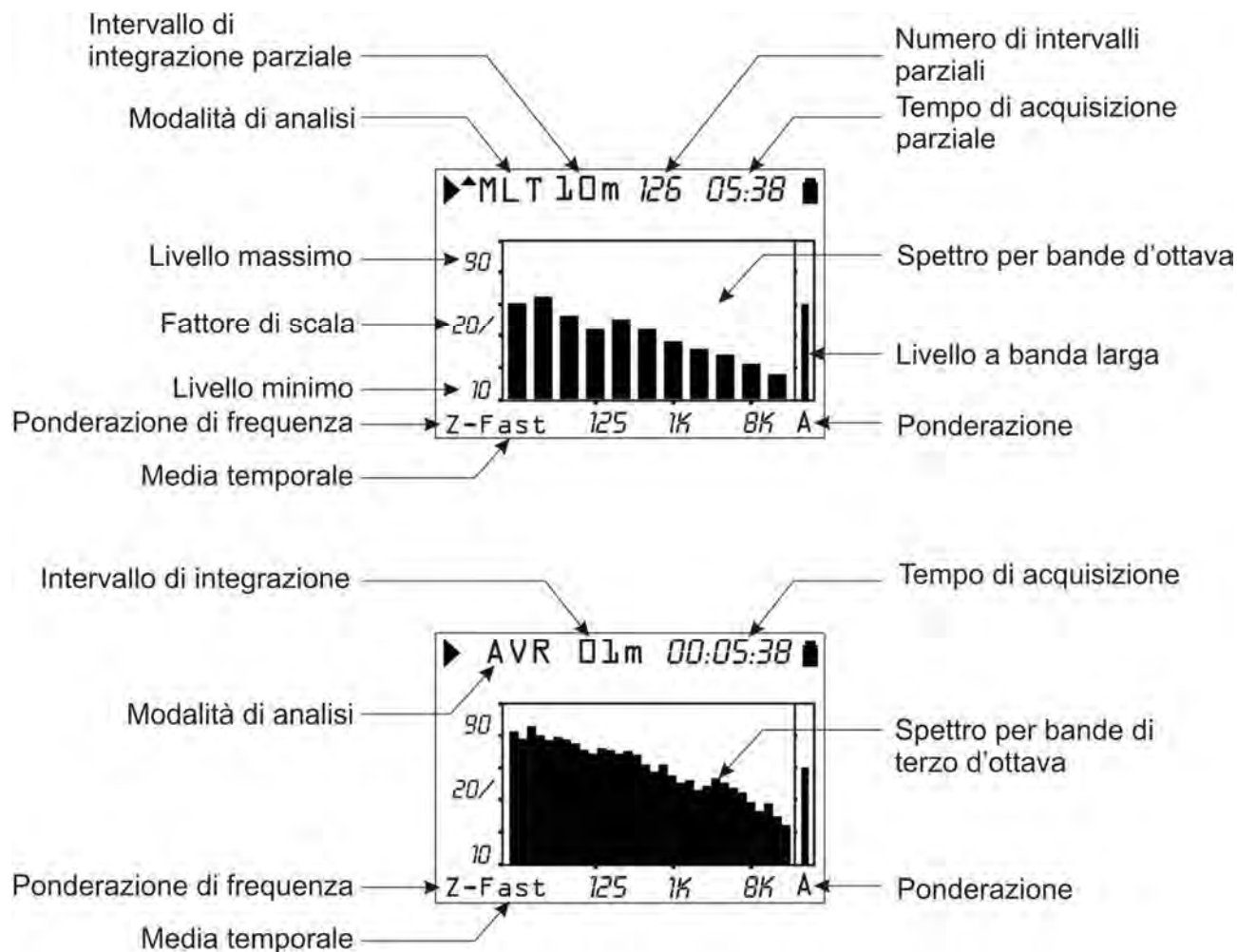
I valori riportati sulla sinistra del grafico sono rispettivamente il fondo scala, il fattore di scala e l'inizio scala. L'ampiezza della scala verticale del grafico visualizzato è pari a 5 divisioni. L'ampiezza di ogni divisione è denominata "fattore di scala" del grafico e appare al centro dell'asse verticale. Questo parametro è selezionabile in tempo reale tra 20dB, 10dB oppure 5dB per divisione, utilizzando i tasti RIGHT (zoom +) e LEFT (zoom -).

Il fondo scala del grafico può essere impostato con le frecce UP e DOWN, a passi pari al fattore di scala selezionato, a partire dal fondo scala dello strumento<sup>2</sup>. L'effetto che si ottiene è di un "innalzamento" oppure di un "abbassamento" del grafico premendo rispettivamente i tasti UP oppure DOWN.

<sup>2</sup> Il fondo scala dello strumento viene determinato dalla scelta del guadagno d'ingresso selezionato nel menu alla voce MENU >> Generale >> Misure >> Guadagno di Ingresso.

Nella parte destra del display viene visualizzato, con una barra separata, il livello ponderato per banda larga (a scelta Z, C, B o A) integrato sul medesimo intervallo temporale applicato alle singole bande dello spettro. La ponderazione in frequenza applicata è indicata sotto la barra.

Nella parte inferiore a sinistra viene visualizzata la ponderazione di frequenza dello spettro (a scelta Z, C o A) e la modalità di media temporale, lineare (Leq) oppure esponenziale con costanti FAST oppure SLOW.



**Fig. 13 - Descrizione del display in modalità Ottave e Terzi d'ottava**

### Uso dei cursori e delle curve isofoniche

La pressione del tasto CURSOR del tastierino attiva i cursori sul grafico. Premendo ripetutamente il tasto, vengono attivati in successione il primo cursore L<sub>1</sub>, il secondo cursore L<sub>2</sub> ed entrambi  $\Delta L$  in "tracking": il cursore selezionato lampeggia. Con le frecce LEFT e RIGHT del tastierino si spostano il cursore o i cursori selezionati, sul grafico.

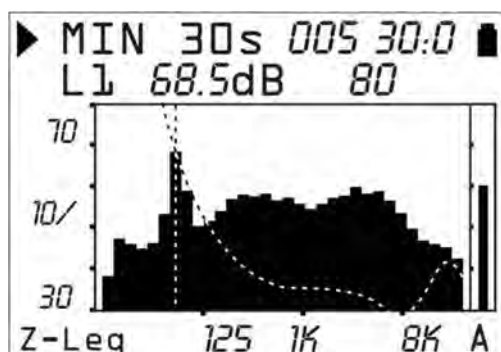
Nella seconda riga del display vengono visualizzati il livello e la frequenza centrale del filtro individuati dal cursore attivo oppure la differenza di livello tra i due cursori quando sono attivi entrambi in tracking.

Il livello viene indicato in dB per spettri non ponderati oppure in dBA o dBC per gli spettri ponderati A o C rispettivamente.

Nelle modalità a spettro in ottave e terzi d'ottava, i cursori possono essere posizionati anche sulla barra relativa al canale a larga banda.

Nelle modalità AVR e MLT con media lineare, i filtri di livello inferiore al minimo misurabile vengono indicati dal cursore con una serie di trattini (- - -).

Tenendo premuto il tasto CURSOR per almeno 2 secondi, quando è visualizzato lo spettro per terzi d'ottava non ponderato (Z), si attiva il tracciamento in tempo reale delle **curve isofoniche** (secondo ISO226/2003).



**Fig. 14 - Curve isofoniche**

Per disabilitare il tracciamento delle isofoniche, premere nuovamente il tasto CURSOR per almeno 2 secondi.

Con curva isofonica attiva, i cursori svolgono delle funzioni differenti rispetto alla visualizzazione normale descritta sopra. Al cursore  $L_1$  è associato il tracciamento dell'isofonica,  $L_2$  mantiene le funzioni normali,  $\Delta L$  presenta due valori: il primo rappresenta, come nel caso normale, la differenza  $L_1-L_2$ ; il secondo fornisce la differenza tra l'isofonica e  $L_2$ .

L'isofonica viene calcolata in modo da avere lo stesso livello dello spettro corrente in corrispondenza della banda selezionata dal cursore  $L_1$ . Attivando la funzione  $\Delta L$  è possibile, agendo sulle frecce LEFT e RIGHT del tastierino, spostare il cursore  $L_2$  per verificare numericamente se la banda corrispondente al cursore  $L_1$  è la più "udibile" dello spettro, verificando che l'isofonica passante per il livello corrispondente al cursore  $L_1$  è sempre superiore o uguale agli altri livelli dello spettro.

Se il cursore  $L_1$  è posizionato sulle bande con frequenze centrali pari a 16 Hz, 16 kHz e 20 kHz, dove le curve isofoniche non sono definite, oppure se il livello della banda selezionata è inferiore al minimo udibile, viene visualizzata l'isofonica di minima udibilità (MAF).

**Il tracciamento delle curve isofoniche non è disponibile per spettri ponderati A o C.**

## FILTRI DI TERZO D'OTTAVA TRASLATI DI MEZZA BANDA (OPZIONE "TERZI D'OTTAVA")

Lo spettro per bande di terzo d'ottava fornisce, nella quasi totalità dei casi, tutte le informazioni necessarie a classificare le sorgenti di rumore. In taluni casi tuttavia questo tipo di spettro può fornire errate indicazioni se non correttamente interpretato. L'esempio più frequente è quello dell'analisi di una sorgente di rumore che emetta un tono "puro", cioè un rumore la cui energia è localizzata in una ristretta zona dello spettro, intorno ad una frequenza precisa.

Tale sorgente viene classificata correttamente in tutti i casi in cui il tono è localizzato lontano dalle frequenze d'incrocio tra due bande di terzo d'ottava adiacenti; in questo caso la banda dello spettro contenente la frequenza del tono puro è facilmente identificabile in quanto risulta superiore alla media circostante e fornisce il livello sonoro del tono.

Nel caso invece che la frequenza del tono emesso dalla sorgente sia localizzato esattamente all'incrocio tra due bande adiacenti, due bande presenteranno livelli superiori alla media circostante, ciascuna con un livello di 3dB inferiore al livello "vero" del tono.

Il fonometro HD2110L può essere programmato in modo da calcolare lo spettro per bande di terzo d'ottava con frequenze centrali diminuite di mezza banda rispetto ai valori standard, in modo che le bande "traslate" siano centrate esattamente alle frequenze d'incrocio delle bande "normali". Dal confronto tra gli spettri "normale" e "traslato" è possibile determinare la presenza di un tono puro con qualsiasi frequenza caratteristica e misurarne correttamente il livello.

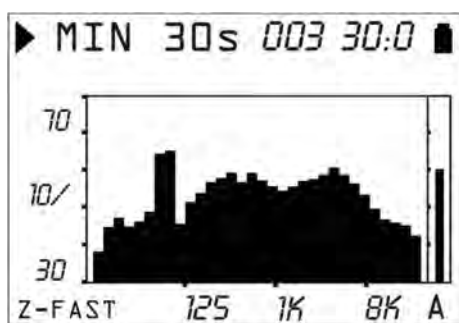


Fig. 15

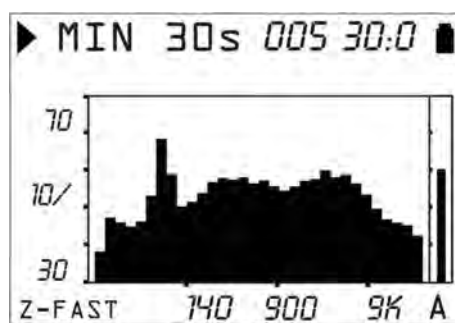


Fig. 16

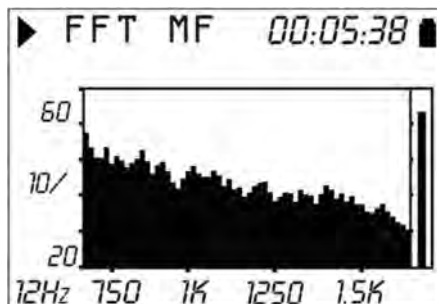
Nella Fig. 15 un tono puro alla frequenza di circa 70Hz cade all'incrocio tra le bande standard con frequenze centrali 63Hz ed 80Hz. Lo spettro di Fig. 16 mette in evidenza il tono puro, utilizzando bande traslate di 1/6 d'ottava da 14 Hz a 18 kHz.

Per attivare lo spettro "traslato" si procede in questo modo: si entra in menu e si seleziona il sottomenu *Analizzatore di Spettro* (MENU >> Analizzatore di Spettro >> tasto ENTER). Si seleziona la voce "Spostamento di 1/2 Banda" e si imposta su ON: appena si conferma con il tasto ENTER, appare la schermata seguente.



Premendo AVANTI, lo strumento si spegne. Alla successiva riaccensione appare il messaggio che ricorda come i filtri di terzo d'ottava siano temporaneamente stati traslati di mezza banda in basso. Confermare premendo AVANTI. In questa modalità di funzionamento non sono attive le schermate profilo temporale e spettro ad ottave mentre tutte le altre funzioni sono operative. Per ripristinare il normale funzionamento dello strumento, è sufficiente spegnerlo e riaccenderlo.

L'opzione **FFT** aggiunge una schermata come quella riprodotta nella figura seguente.



**Fig. 17 - FFT**

Il passaggio da una schermata alla successiva si effettua premendo il tasto **MODE**: appariranno, nell'ordine, le schermate **SLM**, **PROFILO**, **OTTAVE**, **TERZI D'OTTAVA** (opzione "Terzi d'ottava"), **FFT** (opzione "**FFT**"), **PROBABILITA'** e **PERCENTILI**.

La visualizzazione della schermata **FFT** può essere disabilitata utilizzando il parametro nel menu (Menu >> Analizzatore di Spettro >> Display FFT).

L'opzione **FFT** aggiunge alle funzioni del fonometro l'analisi spettrale per banda fine (FFT), e l'acquisizione del profilo del livello equivalente, integrato ad intervalli pari ad 1/32s (*Leq Short*).

### LEQ SHORT SU 1/32s (OPZIONE FFT)

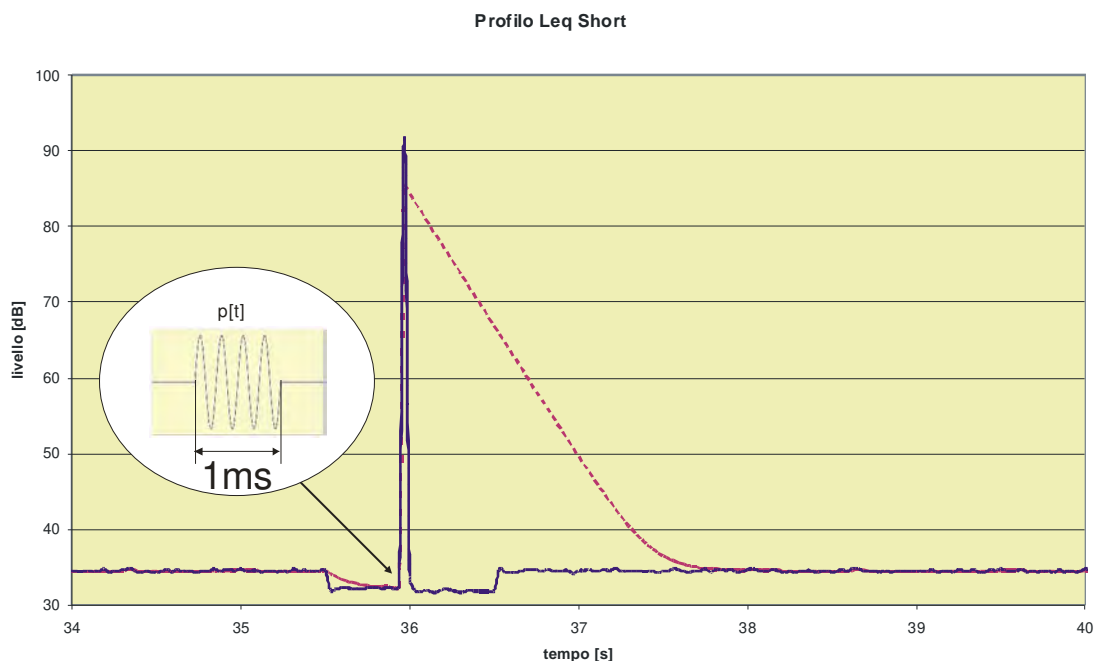
Per consentire di esaminare nel dettaglio il profilo temporale di impulsi sonori, è disponibile il livello equivalente integrato linearmente su 1/32s con ponderazione A, C o Z. Questo parametro di misura, indicato come **Leq Short**, viene calcolato integrando quadraticamente la pressione sonora su 1/32s.

*Il Leq Short su 1/32s non è visualizzabile a display ed è disponibile solo per la memorizzazione.* La denominazione **Leq Short**, cioè *livello equivalente breve*, si riferisce al fatto che non si tratta di un livello integrato su tutto il tempo di misura ma su una sequenza di intervalli brevi. Dal profilo del **Leq Short** è possibile calcolare il livello equivalente sul totale e su porzioni del tempo di misura.

Anche nella schermata **SLM** è selezionabile un parametro denominato **Leq Short**; quest'ultimo viene tuttavia calcolato 2 volte al secondo e corrisponde alla somma quadratica di 16 valori del **Leq Short** su 1/32s.

Dal profilo memorizzato del **Leq Short**, calcolato 32 volte al secondo, è inoltre possibile calcolare, con buona approssimazione, i livelli **FAST**, **SLOW** ed **IMPULSE**. Per calcolare un livello di pressione sonora con costante di tempo esponenziale è necessario disporre di un profilo con una risoluzione temporale almeno pari alla costante di tempo. Per esempio, per calcolare il profilo dei livelli **FAST** a partire da un profilo di **Leq Short**, è necessaria una risoluzione temporale almeno pari ad 1/8 di secondo, che corrisponde alla costante di tempo **FAST**. Per ottenere il profilo **IMPULSE** è necessario partire da un profilo **Leq Short** su intervalli minori di 35ms.

Nella figura seguente, a titolo d'esempio, è raffigurato il profilo del **Leq Short**, integrato ad intervalli pari ad 1/32s (31.25ms), in corrispondenza ad un impulso sonoro composto da 4 cicli sinusoidali a 4 kHz della durata complessiva di 1 ms.



**Fig. 18 - Profilo Leq Short**

Per confronto è stato inserito in tratteggio anche il livello di pressione con costante di tempo FAST. A partire da un profilo del Leq con sufficiente risoluzione temporale, è possibile ricostruire i profili FAST, SLOW ed IMPULSE applicando la formula seguente:

$$LA_i = 10 \cdot \log_{10} \left[ 10^{\frac{LA_{i-1}}{10}} \cdot e^{-\frac{\Delta t}{\tau}} + 10^{\frac{LAeq_i}{10}} \cdot e^{-1-\frac{\Delta t}{\tau}} \right]$$

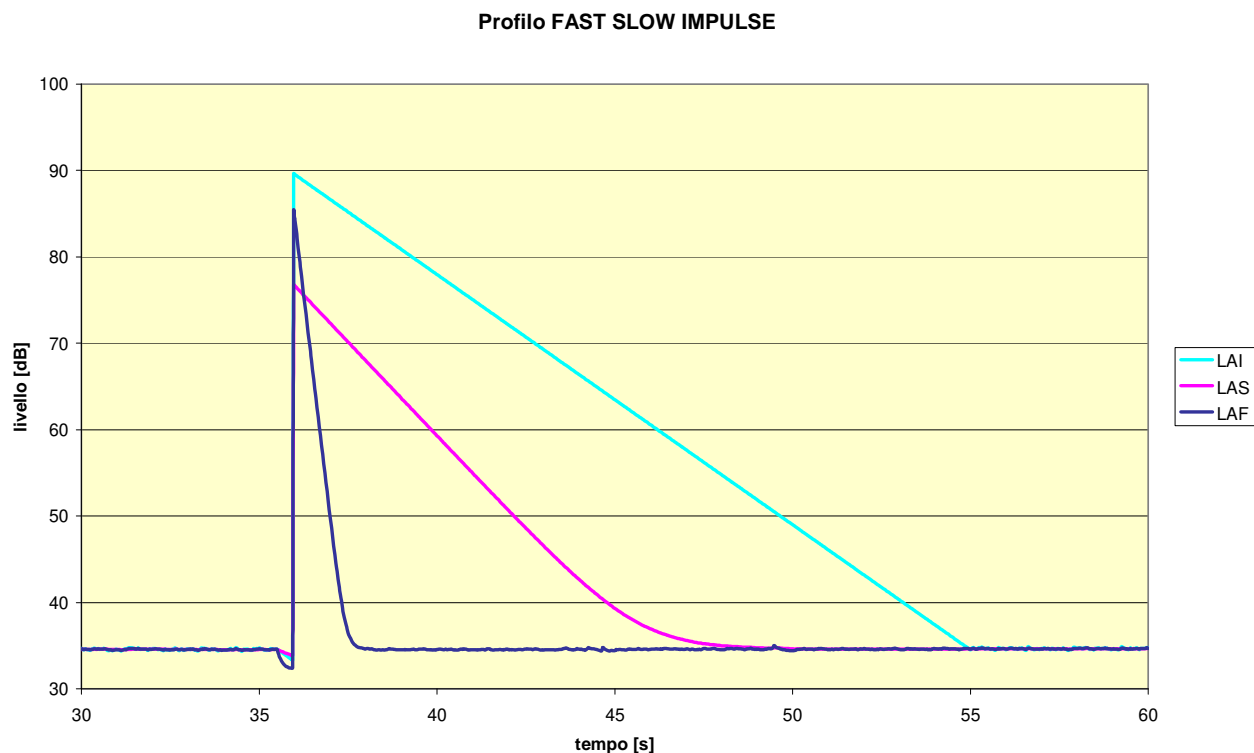
dove  $LA_i$  è l'i-esimo livello esponenziale con costante di tempo  $\tau$  calcolato dal profilo dei Leq Short  $LAeq_i$  integrati ad intervalli pari a  $\Delta t$ . Per esempio il livello FAST si può calcolare con la formula:

$$LAF_i = 10 \cdot \log_{10} \left[ 10^{\frac{LAF_{i-1}}{10}} \cdot e^{-\frac{\Delta t}{0,125}} + 10^{\frac{LAeq_i}{10}} \cdot e^{-1-\frac{\Delta t}{0,125}} \right]$$

Il calcolo del livello di pressione con costante di tempo IMPULSE è più complesso in quanto le costanti di tempo sono diverse per livelli crescenti e decrescenti, rispettivamente pari a 35ms e 1500ms. Dopo aver calcolato il profilo con costante di tempo pari a 35ms, utilizzando la formula precedente, il livelli IMPULSE si può calcolare con la formula:

$$LAI_i = 10 \cdot \log_{10} \left[ \text{MAX} \left( 10^{\frac{LAI_{i-1}}{10}} \cdot e^{-\frac{\Delta t}{1,5}}; LAI'_i \right) \right]$$

Dove l'argomento del logaritmo è il valore massimo tra il livello precedente, pesato esponenzialmente con costante pari a 1500ms, ed il livello esponenziale, con costante di tempo 35ms,  $LAI'_i$ . Nella figura seguente sono raffigurati i profili dei livelli FAST, SLOW ed IMPULSE ricalcolati con le formule precedenti a partire dal profilo del Leq Short su 1/32s.



**Fig. 19**

L'incertezza nella determinazione dei livelli massimi, in corrispondenza di impulsi sonori, per i livelli FAST, SLOW ed IMPULSE, ricalcolati a partire da un profilo ad 1/32s, è inferiore ad 1dB.

#### **SPETTRO PER BANDA FINE (OPZIONE FFT)**

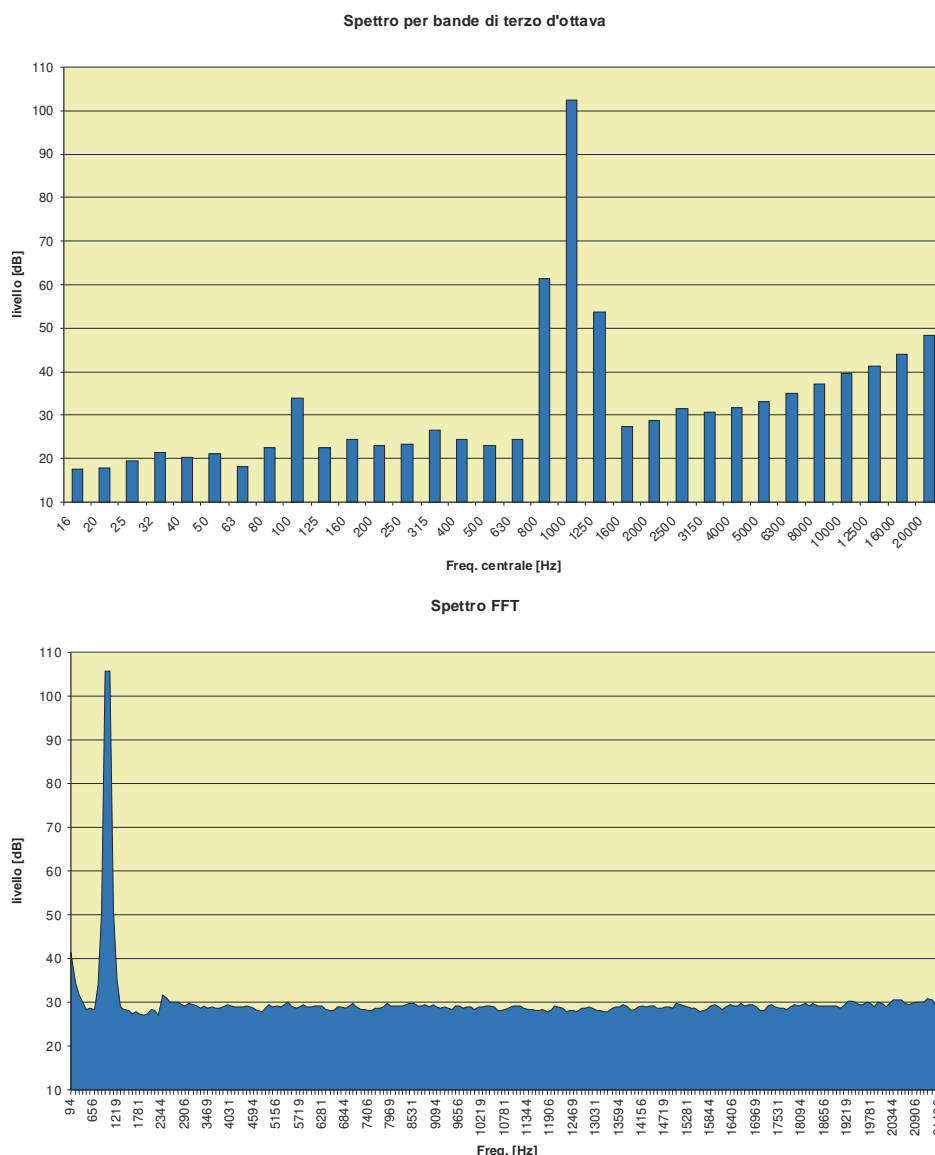
La modalità di funzionamento come *analizzatore di spettro per banda fine* prevede la visualizzazione dello spettro di frequenza, calcolato mediante trasformata di Fourier veloce (**FFT**), sul campo audio da 12.5Hz a 22000Hz suddiviso in tre bande (informazioni riguardanti il calcolo della FFT sono fornite da pag. 154 in appendice).

Alle alte frequenze (banda **HF**) lo spettro viene calcolato applicando la FFT su intervalli di 512 campioni a 48kHz. Lo spettro della banda HF, considerando l'applicazione di filtri anti-aliasing e la risoluzione spettrale, va da 1850Hz a 22000Hz per un totale di 215 bande spaziate di circa 94Hz. Il calcolo viene effettuato mantenendo una sovrapposizione dei campioni, tra FFT successive, pari a circa il 65%.

Alle frequenze medie e basse (bande **MF** e **LF**), lo spettro, che si ottiene per decimazioni successive, va da 234Hz a 2300Hz e da 13Hz a 292Hz per un totale di 180 e 191 bande spaziate di 12Hz e 1.5Hz rispettivamente. Il fonometro calcola due volte al secondo lo spettro per banda fine da 13Hz a 22000Hz integrando linearmente gli spettri istantanei.

Nella figura seguente è possibile confrontare lo spettro per bande di terzo d'ottava e per banda fine (FFT) relativi ad un segnale complesso composto dalla sovrapposizione di due toni puri ravvicinati in frequenza.





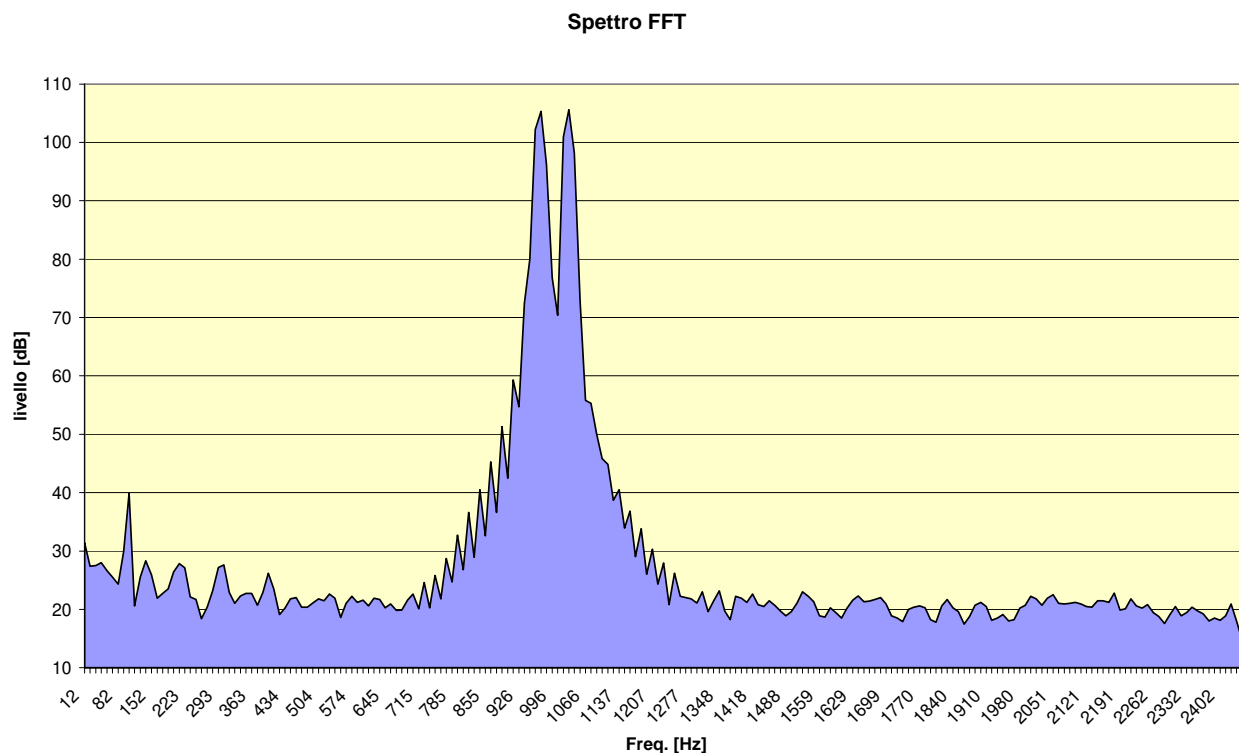
**Fig. 20**

Lo spettro FFT della figura è relativo alla banda HF e presenta 230 righe spaziate di circa 94Hz.

Per ottenere uno spettro con le bande, o le righe, equispaziate, l'asse delle frequenze è logaritmico per le bande a larghezza percentuale costante e lineare per le bande a larghezza costante (FFT).

Dal confronto dei due spettri è evidente come la risoluzione della FFT sia nettamente maggiore per frequenze elevate. Dato che la risoluzione in frequenza delle bande di terzo d'ottava, è costante su tutto lo spettro ed è pari al 23%, la banda HF dello spettro FFT ha una risoluzione migliore a partire da circa 500Hz, dove risulta inferiore al 20%. Alla frequenza di interesse, per il segnale rappresentato in figura, la risoluzione della FFT risulta pari a circa il 10%, confrontabile con quella di uno spettro per bande di sesto d'ottava. Tuttavia la risoluzione non è ancora sufficiente per identificare il doppio tono.

Nella figura seguente è rappresentato lo spettro FFT relativo alla banda MF che presenta 210 righe spaziate di circa 12Hz.



**Fig. 21**

In questo caso la coppia di toni è chiaramente visibile. La risoluzione alla frequenza di interesse risulta pari a circa l'1%.

Quando viene attivata la registrazione singola dello spettro per banda fine, viene memorizzato tutto lo spettro composto dalle tre bande HF, MF ed LF mentre, quando viene attivata la registrazione continua, viene memorizzata solo la banda selezionata con il parametro Menu >> Analizzatore di Spettro >> FFT Banda.

Se viene attivata la registrazione continua, il tempo di integrazione agisce come un timer che blocca automaticamente l'acquisizione al termine dell'intervallo impostato.

Per questa modalità di visualizzazione non è disponibile una funzione Monitor specifica. Lo spettro per banda fine, della banda correntemente visualizzata, viene inviato all'interfaccia seriale, assieme alle altre misure, quando la funzione monitor viene attivata in modalità MEASUREMENT (consultare il paragrafo "LE FUNZIONI PRINT E MONITOR" a pag. 45)

La modalità di integrazione la funzione Auto-Store ed il tasto HOLD non hanno effetto su questa modalità di visualizzazione.

## Descrizione del display

Il grafico che presenta l'analisi spettrale per banda fine, è suddiviso in diverse schermate che è possibile scorrere sequenzialmente utilizzando le due frecce Left (←) e Right (→) dei cursori.

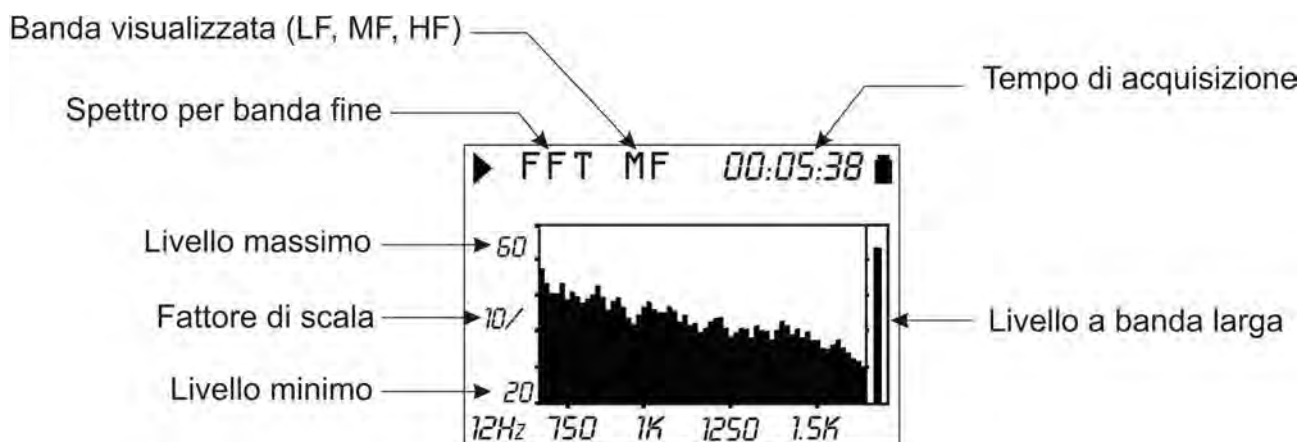


Fig. 22 - Descrizione del display in modalità FFT

Nella prima riga del display viene visualizzato, dopo il simbolo dello stato dell'acquisizione, l'indicatore di sovraccarico e la scritta **FFT** indicante la modalità di visualizzazione dello spettro per banda fine, la banda visualizzata (HF, MF o LF) ed il tempo di acquisizione.

Lo spettro per banda fine viene visualizzato su scala logaritmica in decibel con asse delle frequenze lineare. I valori riportati sulla sinistra del grafico sono rispettivamente il fondo scala, il fattore di scala e l'inizio scala.

L'ampiezza della scala verticale del grafico visualizzato è pari a 5 divisioni. L'ampiezza di ogni divisione è denominata "fattore di scala" del grafico e appare al centro dell'asse verticale. Questo parametro è selezionabile in tempo reale tra 20dB, 10dB oppure 5dB per divisione, utilizzando i tasti RIGHT (zoom +) e LEFT (zoom -).

Il fondo scala del grafico può essere impostato con le frecce UP e DOWN, a passi pari al fattore di scala selezionato, a partire dal fondo scala dello strumento<sup>3</sup>. Premendo i tasti UP o DOWN si ottiene rispettivamente un "innalzamento" oppure di un "abbassamento" del grafico.

Nella porzione destra del display un indicatore a barra "analogica" fornisce il livello istantaneo non ponderato del livello di pressione sonora in ingresso, analogamente alla barra della modalità SLM.

## Uso dei cursori

L'asse *lineare* delle frequenze impedisce di visualizzare tutto lo spettro per banda fine in una sola schermata: le frecce LEFT e RIGHT del tastierino possono essere utilizzate per spostare l'asse delle frequenze nella zona di interesse quando i cursori non sono attivi.

La pressione del tasto *CURSOR* del tastierino attiva i cursori sul grafico. Premendo ripetutamente il tasto, vengono attivati in successione il primo cursore L<sub>1</sub>, il secondo cursore L<sub>2</sub> od entrambi  $\Delta L$  in "tracking": il cursore selezionato lampeggia. Con le frecce LEFT e RIGHT del tastierino si spostano il cursore o i cursori selezionati, sul grafico.

<sup>3</sup> Il fondo scala dello strumento viene determinato dalla scelta del guadagno d'ingresso selezionato nel menu alla voce MENU >> Generale >> Misure >> Guadagno di Ingresso.

Nella seconda riga del display vengono visualizzati il livello e la frequenza della banda individuata dal cursore attivo oppure la differenza di livello  $L_1-L_2$  e di frequenza tra i due cursori quando sono attivi entrambi.

Ai limiti estremi delle tre bande in cui risulta suddiviso lo spettro audio, l'errore strumentale può superare i limiti di precisione imposti dalla classe del fonometro; in questo caso lo spettro viene visualizzato come una semplice linea anziché come area (consultare il paragrafo "SPECIFICHE TECNICHE" a pag. 111).

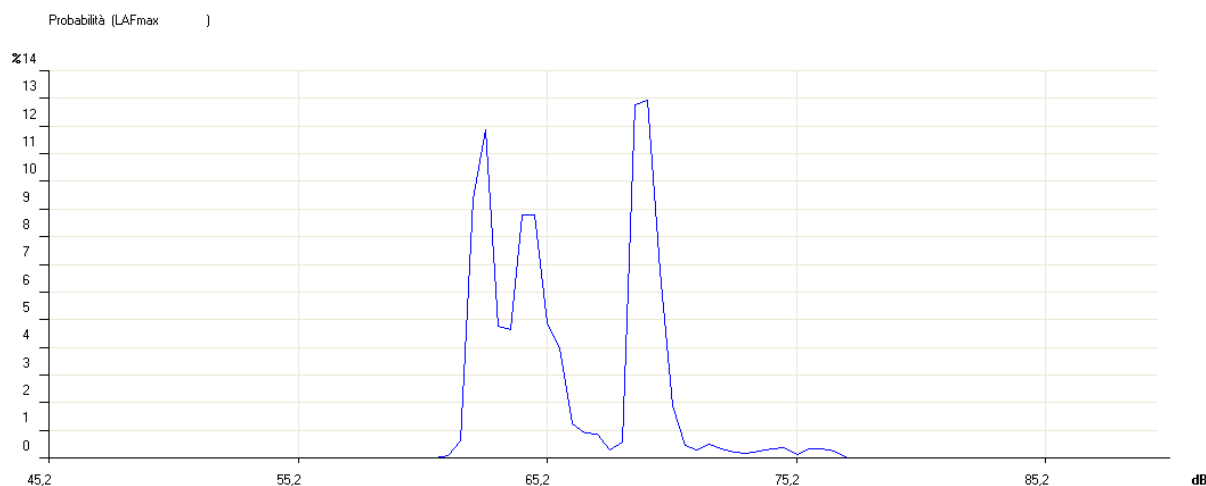
## GRAFICI STATISTICI

La modalità di funzionamento come **analizzatore statistico** permette di effettuare l'analisi sul livello di pressione sonora con costante di tempo FAST (campionato 8 volte al secondo) oppure sul livello equivalente breve (integrato ogni 0.125s) oppure sul livello di picco (calcolato 2 volte al secondo) con qualsiasi ponderazione di frequenza (solo C o Z per il livello di picco).

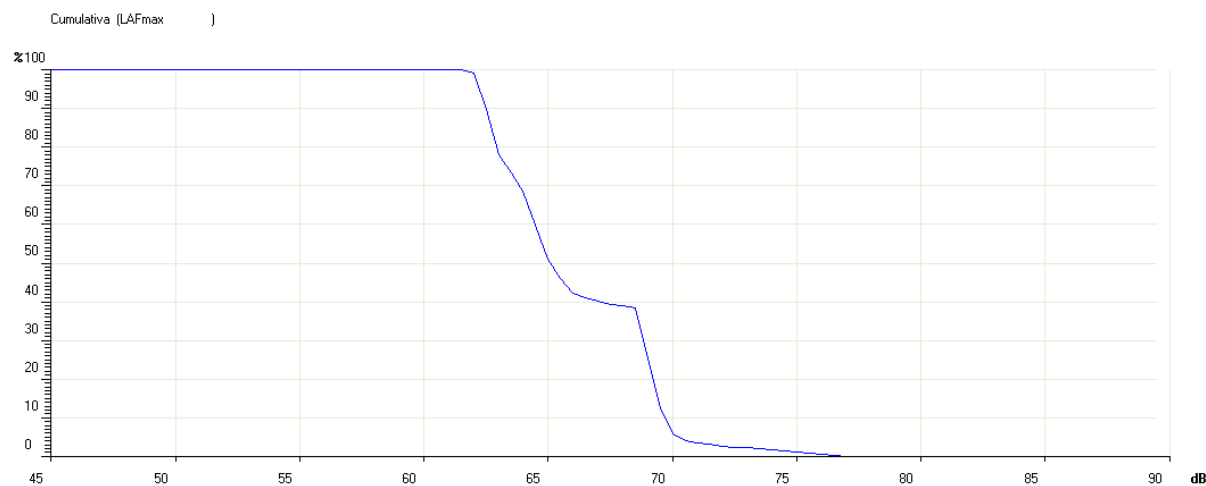
L'analisi statistica viene effettuata con classi da 0.5dB per livelli sonori da 21dB fino a 140dB e prevede la visualizzazione, in forma grafica, della distribuzione di probabilità dei livelli sonori e del grafico dei livelli percentili. I grafici sono abilitabili mediante la voce Menu >> Analizzatore Statistico >> Display Statistica. La disabilitazione dei grafici statistici non influisce sul calcolo dei livelli percentili programmabili L1 – L4.

La figura seguente mostra la **distribuzione di probabilità** di livello relativa alla misura per circa 6 minuti del rumore emesso da una camera climatica. Durante la misura è stato acceso, per la durata di circa 2 minuti, un calibratore acustico in prossimità del microfono.

La distribuzione di probabilità mostra chiaramente le diverse “popolazioni” del rumore in esame. Iniziando dai livelli inferiori, il primo picco (circa 63dBA) si riferisce al rumore di fondo della camera dovuto principalmente al sistema di ventilazione. Il secondo picco (circa 65dB) si riferisce alle fasi in cui si attiva il compressore per il raffreddamento. Il terzo picco (circa 69dB) si riferisce al tono prodotto dal calibratore.



Nella figura seguente è visualizzata la **distribuzione cumulativa** per lo stesso campione sonoro della figura precedente. La distribuzione cumulativa è costruita partendo dal 100% per livelli inferiori al minimo misurato e sottraendo la probabilità di ciascuna classe finché si ottiene una probabilità cumulativa pari a 0 per livelli superiori al massimo misurato.



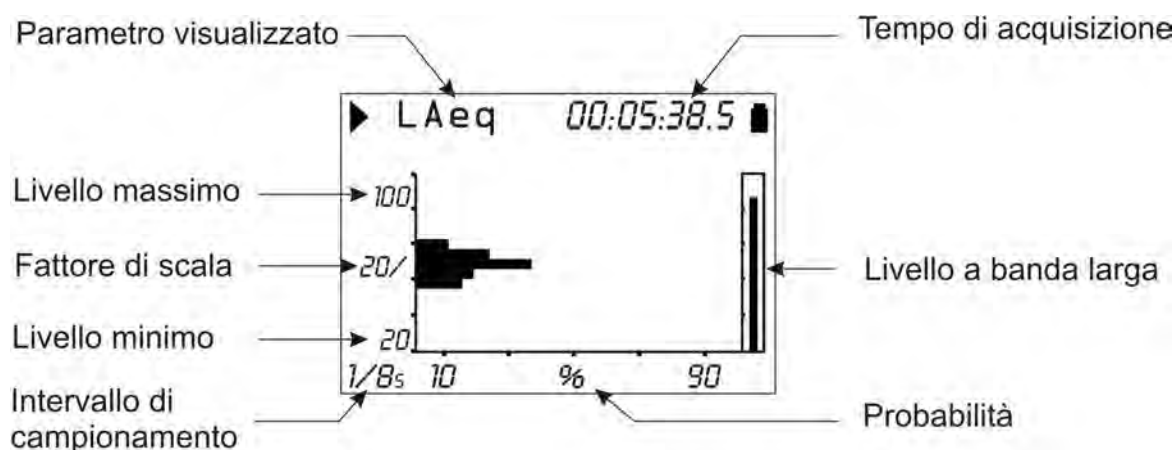
I *livelli percentili* vengono calcolati per interpolazione sulla distribuzione cumulativa.

L'analizzatore azzerà le classi all'inizio della misura ed accumula la statistica sino al termine della misura.

Se viene attivata la registrazione continua, il tempo di integrazione agisce come un timer che blocca automaticamente l'acquisizione al termine dell'intervallo impostato.

Quando è attiva la registrazione di rapporti, i grafici statistici vengono azzerati all'inizio di ciascun intervallo impostato.

L'analisi statistica viene presentata con due schermate grafiche: la distribuzione di probabilità ed il grafico dei livelli percentili.



**Fig. 23 - Descrizione del display in modalità Distribuzione di Probabilità**

La figura mostra la distribuzione di probabilità del livello sonoro equivalente ponderato A con un intervallo di campionamento di 0.125s. Il grafico ha i livelli sonori in decibel sull'asse verticale e la probabilità sull'asse orizzontale.

Il display visualizza nell'angolo inferiore sinistro l'intervallo di campionamento e nella prima riga, a sinistra dell'indicatore di stato e dell'eventuale indicatore di sovraccarico, il parametro di misura prescelto per l'analisi statistica.

L'ampiezza della scala verticale del grafico visualizzato è pari a 5 divisioni. L'ampiezza di ogni divisione è denominata "fattore di scala" del grafico ed appare al centro dell'asse verticale. Questo parametro è selezionabile in tempo reale tra 20dB, 10dB oppure 5dB per divisione corrispondenti rispettivamente alla rappresentazione in forma grafica con classi da 2dB, 1dB oppure 0.5dB. Il fattore di scala è impostabile utilizzando i tasti RIGHT (zoom +) e LEFT (zoom -).

Il fondo scala del grafico può essere impostato con le frecce UP e DOWN, a passi pari al fattore di scala selezionato. L'effetto che si ottiene è di un "innalzamento" oppure di un "abbassamento" del grafico premendo rispettivamente i tasti UP oppure DOWN.

Nella porzione destra del display un indicatore a barra "analogica" fornisce il livello istantaneo non ponderato del livello di pressione sonora in ingresso, analogamente alla barra della modalità SLM.

Il parametro prescelto per effettuare l'analisi statistica può essere modificato, senza bisogno di accedere ai menu, utilizzando i tasti SELECT, le quattro frecce UP, DOWN, LEFT e RIGHT ed il tasto ENTER (si veda il paragrafo "Selezione dei parametri" a pag. 20 per i dettagli).

### **Uso dei cursori**

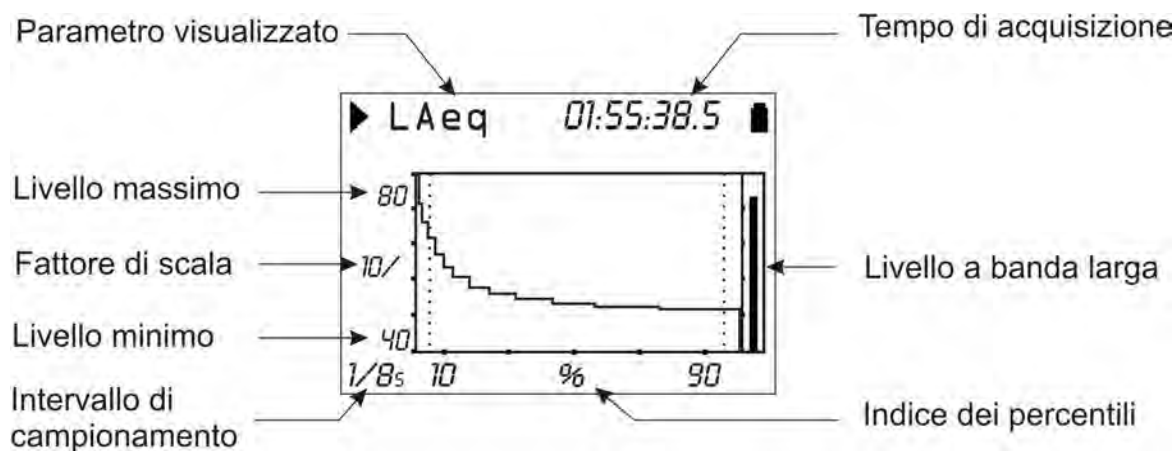
La pressione del tasto CURSOR del tastierino attiva i cursori sul grafico. Premendo ripetutamente il tasto, vengono attivati in successione il primo cursore L1, il secondo cursore L2 od entrambi  $\Delta L$  in coppia: il cursore selezionato lampeggia. Con le frecce LEFT e RIGHT del tastierino si spostano il cursore o i cursori selezionati, sul grafico.

Nella seconda riga in alto del display vengono visualizzati il livello centrale della classe e la relativa probabilità, individuati dal cursore attivo, oppure la probabilità per i livelli compresi nell'intervallo tra i due cursori, quando sono attivi entrambi.

I cursori vengono disabilitati premendo nuovamente il tasto CURSOR.

## GRAFICO DEI LIVELLI PERCENTILI

Oltre alla visualizzazione in forma grafica della distribuzione della probabilità dei livelli sonori, è disponibile il grafico dei livelli percentili.



**Fig. 24 - Descrizione del display in modalità Livelli Percentili**

La figura mostra il grafico dei livelli percentili corrispondente alla distribuzione di probabilità visualizzata al paragrafo precedente.

Dalla distribuzione di probabilità del livello sonoro è possibile calcolare la *distribuzione cumulativa delle probabilità* sulle medesime classi. La distribuzione cumulativa è pari al 100% per tutte le classi con livelli inferiori al minimo livello sonoro misurato ed è pari a 0% per tutte le classi maggiori del massimo livello misurato. Partendo dalla classe corrispondente al minimo livello misurato, la distribuzione cumulativa decresce della rispettiva probabilità di ciascuna classe fino alla classe corrispondente al massimo livello misurato, dove assume valore nullo. I livelli percentili da  $L_1$  ad  $L_{99}$  vengono calcolati per interpolazione lineare della distribuzione cumulativa delle probabilità.

Il grafico ha i livelli sonori in decibel sull'asse verticale e l'indice dei percentili sull'asse orizzontale. Nell'angolo inferiore sinistro viene visualizzato l'intervallo di campionamento e nella prima riga a sinistra, dopo l'indicatore di stato e l'eventuale indicatore di sovraccarico, il parametro di misura prescelto per l'analisi statistica.

L'ampiezza della scala verticale è pari a 5 divisioni. L'ampiezza di ogni divisione è denominata "fattore di scala" del grafico ed appare al centro dell'asse verticale. Questo parametro è selezionabile in tempo reale tra 20dB, 10dB oppure 5dB per divisione. Il fattore di scala è impostabile utilizzando i tasti RIGHT (zoom +) e LEFT (zoom -).

Il fondo scala del grafico può essere impostato con le frecce UP e DOWN, a passi pari al fattore di scala selezionato. L'effetto che si ottiene è di un "innalzamento" oppure di un "abbassamento" del grafico premendo rispettivamente i tasti UP oppure DOWN.

Nella porzione destra del display un indicatore a barra "analogica" fornisce il livello istantaneo non ponderato del livello di pressione sonora in ingresso, analogamente alla barra della modalità SLM.

Il parametro prescelto per effettuare l'analisi statistica può essere modificato, senza bisogno di accedere ai menu, utilizzando i tasti SELECT, le quattro frecce UP, DOWN, LEFT e RIGHT ed il tasto ENTER (si veda il paragrafo "Selezione dei parametri" a pag. 20 per i dettagli).

## Uso dei cursori

I tasti CURSOR, LEFT e RIGHT del tastierino attivano e spostano il cursore.

Nella seconda riga in alto del display viene visualizzato il livello percentile individuato dal cursore. Il cursore viene disabilitato premendo nuovamente il tasto CURSOR.

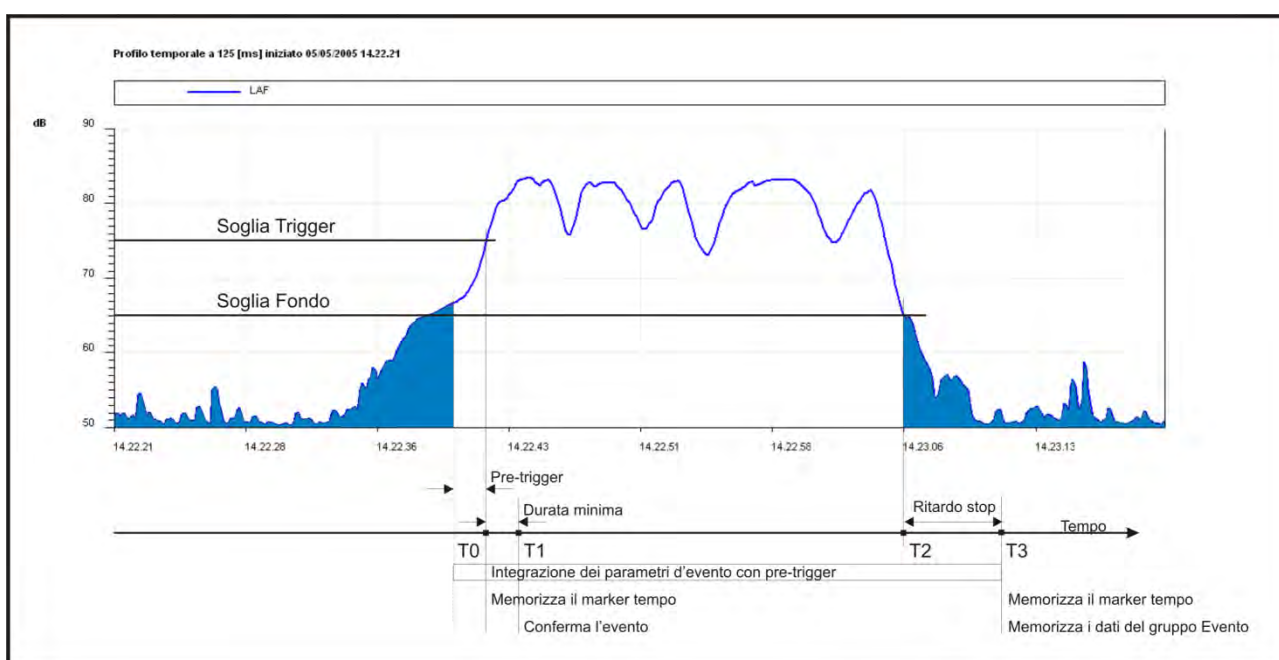


## FUNZIONE TRIGGER D'EVENTO

Con questa funzione è possibile isolare, durante la misura, un evento sonoro identificabile attraverso la *variazione del livello sonoro* oppure mediante *sincronizzazione con un segnale esterno* o, *manualmente*, con la pressione di un tasto.

Il descrittore acustico utilizzato dalla funzione di trigger è quello selezionato nella vista PROFILO (Menu >> Trigger >> Sorgente: LEV). La variazione di livello che attiva il riconoscimento dell'evento può essere sia *positiva* che *negativa* (Menu >> Trigger >> Polarità Trigger) e la *soglia di attivazione* (Menu >> Trigger >> Soglia Trigger e Menu >> Trigger >> Soglia Fondo) può essere impostata ad un livello diverso da quella di disattivazione (Menu >> Trigger >> Soglia Trigger e Menu >> Trigger >> Soglia Fondo).

La figura seguente raffigura un esempio di cattura di evento sonoro con polarità positiva. Il livello sonoro ( $L_{AF}$ ) supera la soglia di trigger al tempo  $T_0$  e, successivamente, la soglia di fondo al tempo  $T_2$ .



**Fig. 25 - Descrizione dei parametri del trigger d'evento**

Per evitare che anche impulsi di breve durata vengano identificati come eventi sonori, è impostabile una *durata minima di attivazione* fino ad un massimo di 10s (Menu >> Trigger >> Durata Minima). Se il superamento della soglia di attivazione dura meno del tempo impostato, l'evento non viene preso in considerazione. E' impostabile anche una *durata minima di disattivazione*: quando viene superata la soglia di disattivazione, la chiusura dell'evento viene ritardata per il tempo impostato, fino ad un massimo di 255s (Menu >> Trigger >> Ritardo Stop).

Nell'esempio della figura, dato che le condizioni di trigger superano la durata minima impostata, cioè permangono almeno fino al tempo  $T_1$ , ha inizio l'integrazione dei livelli di evento includendo i 2 secondi precedenti il superamento della soglia di trigger (*pre-trigger*). Il tempo di pre-trigger non è modificabile.

L'integrazione dei livelli d'evento si conclude al tempo  $T_3$ , cioè con un ritardo pari al *ritardo di stop* dall'istante  $T_2$  corrispondente al superamento della soglia di fondo.

Il trigger d'evento può essere attivato anche mediante un segnale elettrico connesso all'ingresso **TRGIN** (Menu >> Trigger >> Sorgente: EXT) oppure mediante la pressione del tasto

ENTER (Menu >> Trigger >> Sorgente: MAN). In entrambi i casi il parametro di durata minima non ha effetto e l'evento ha inizio non appena viene rilevato il trigger. Quando il trigger d'evento è attivato sul trigger esterno, è possibile scegliere la polarità positiva o negativa del segnale di attivazione (Menu >> Trigger >> Polarità TRGIN).

Per ciascun evento identificato, l'HD2110L calcola i seguenti parametri:

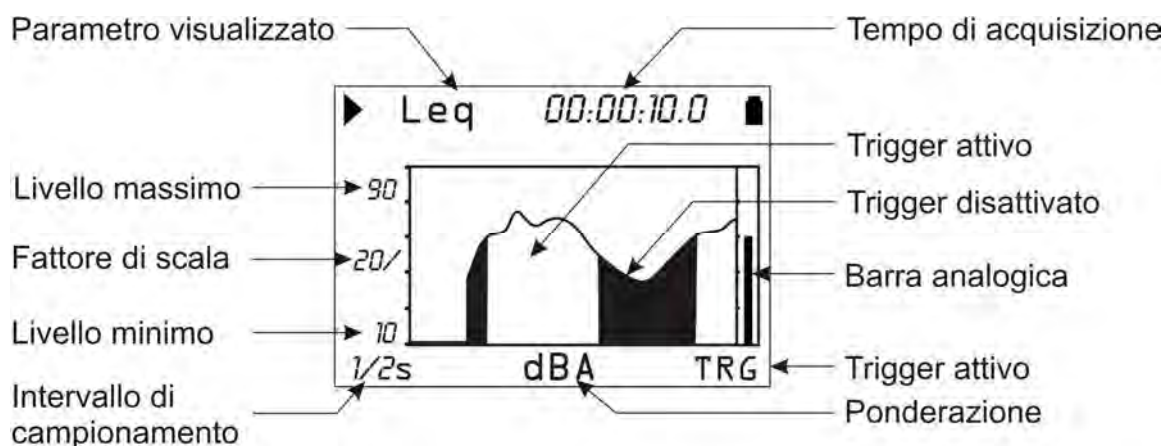
- 5 parametri programmabili a scelta tra livelli massimi e minimi, livello di picco, livello equivalente e SEL
- Spettro medio sia per banda d'ottava che di terzo d'ottava
- Analisi statistica completa

Questi parametri non vengono visualizzati ma sono memorizzabili, tutti o in parte, al termine di ciascun evento. Il menu *Registrazione >> Evento* permette di impostare sia i 5 parametri che la memorizzazione.

L'integrazione dei parametri d'evento ha inizio 2 secondi prima dell'attivazione del trigger. Il tempo di pre-trigger non è modificabile.

Una speciale funzione di stampa, sincrona con il trigger, è disponibile per la segnalazione via RS232 dell'evento stesso (Menu >> Trigger >> Stampa).

Con trigger abilitato, il profilo del livello sonoro viene visualizzato con l'area sottostante annerita quando il trigger non è attivo, in modo da evidenziare la porzione interessata dall'evento.



**Fig. 26 - Descrizione del display in modalità "Trigger d'evento"**

## INTEGRAZIONE

L'integrazione inizia con l'azzeramento dei livelli integrati (come ad es. il Leq) e termina quando è trascorso il tempo di integrazione  $T_{int}$  impostato oppure quando l'acquisizione viene interrotta manualmente con la pressione del tasto RUN/STOP. La figura seguente mostra il profilo del Leq Short calcolato 2 volte al secondo e del Leq integrato su un tempo di misura pari ad 1 minuto.

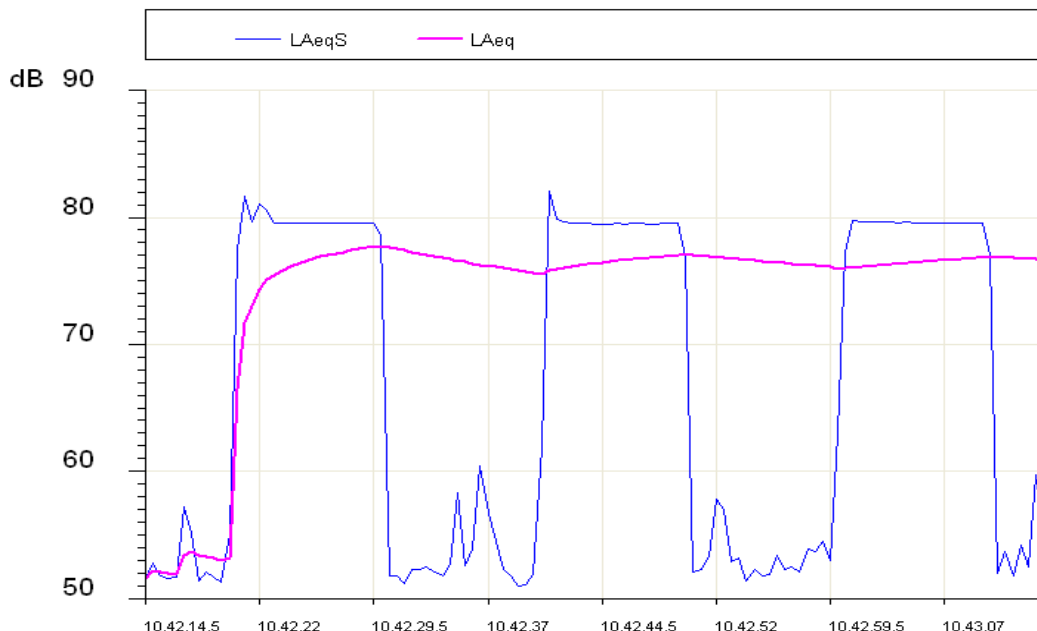


Fig. 27

Nell'arco del tempo di misura, il profilo del Leq Short (indicato come LAeqS) evidenzia tre fasi con livello di rumore piuttosto elevato, pari a circa 80dB, ed un rumore di fondo con una certa variabilità nell'intervallo 52 - 60dB.

Il profilo del Leq mostra come l'integrazione delle tre fasi a rumore elevato produca un livello equivalente che va stabilizzandosi, al termine della misura, intorno ai 77dB.

Il parametro "MENU >> Generale >> Misure >> Intervallo di integrazione" consente di bloccare, allo scadere del tempo impostato, l'aggiornamento del display. A questo punto è possibile memorizzare quanto visualizzato premendo *per almeno 2 secondi* il tasto REC e scegliendo l'opzione di memorizzazione manuale. È inoltre possibile inviare all'uscita seriale quanto visualizzato premendo il tasto PRINT.

Mentre l'aggiornamento del display è bloccato su HOLD, il fonometro continua a misurare ed a calcolare i livelli sonori; premendo il tasto HOLD, l'aggiornamento del display viene ripristinato. Se non si desidera proseguire oltre il tempo di integrazione impostato è sufficiente premere il tasto STOP per concludere l'acquisizione.







Quando viene attivata la registrazione continua dei livelli sonori, oppure la funzione di monitor, l'acquisizione viene bloccata automaticamente al raggiungimento del tempo di integrazione impostato.

Il tasto PAUSE/CONTINUE può essere utilizzato per sospendere temporaneamente il calcolo dei livelli integrati mentre i livelli istantanei continuano ad essere misurati. Durante una pausa e limitatamente ai livelli integrati visualizzati nella schermata SLM, è possibile eliminare gli ultimi secondi di integrazione utilizzando la "Funzione Cancellazione (esclusione dati)" descritta a pag. 21.

Il fonometro dispone di un ulteriore timer per l'acquisizione ad intervalli (Menu >> Generale >> Misure >> Intervallo di Rapporto). Con questo parametro è possibile suddividere il tempo di misura in intervalli di durata programmabile da 1 secondo ad un'ora e calcolare, per ciascun intervallo, un set di 5 livelli integrati a scelta tra Leq, livelli massimi e minimi, SEL e livelli statistici. È possi-

bile inoltre calcolare, per ciascun intervallo, lo spettro medio (AVR) sia per banda d'ottava che di terzo d'ottava e l'analisi statistica (Menu >> Registrazione >> Rapporto). Questi dati non sono direttamente visualizzabili ma sono memorizzabili attivando la registrazione continua. I livelli di rapporto si possono visualizzare caricando la registrazione dalla memoria del fonometro con il programma Navigatore, e selezionando la modalità Rapporto per il replay.

Nella tabella seguente sono state riassunte le diverse modalità di misura e memorizzazione dell'HD2110L.

Auto-Store	Misure	Registrazione continua	Registrazione singola
<b>OFF</b>	Premere  per iniziare. L'integrazione termina quando $t=T.Int.$ , entra in modo HOLD ed è possibile continuare premendo HOLD o fermarsi premendo 	Premere  +  per iniziare. Stop automatico quando $t = T.Int.$	Premere  per memorizzare quanto visualizzato.
<b>ON</b>	Premere  per iniziare. Stop automatico quando $t = T.Int.$ con memorizzazione delle schermate SLM, OTTAVE e T.OTTAVE.	----	----

## LE FUNZIONI PRINT E MONITOR



Premendo e rilasciando subito il tasto **PRINT** è possibile inviare ad un PC oppure ad una stampante, attraverso l'interfaccia seriale RS232, quanto visualizzato al momento della pressione del tasto, in formato ASCII. La stampante seriale può essere la HD40.1 (si veda a pag. 105).

Il trasferimento dei dati viene evidenziato sul display dello strumento dall'accensione di una lettera **P** al posto dell'indicatore di stato.

Se il tasto PRINT viene *mantenuto premuto* finché la lettera **M** (funzione *Monitor*) e l'indicatore dello stato di acquisizione lampeggiano alternativamente, la schermata visualizzata verrà inviata con continuità all'interfaccia seriale: per terminare l'operazione, premere nuovamente il tasto PRINT oppure il tasto STOP.

Il tipo di schermata inviata all'interfaccia seriale non cambia, dopo l'attivazione della funzione Monitor, anche se si preme il tasto MODE.

È possibile selezionare la funzione PRINT anche partendo dallo stato di STOP. In questo caso la funzione si attiverà automaticamente non appena lo strumento entrerà in stato RUN.

Se lo strumento entra in modo PAUSE, la funzione rimane attiva ma i dati inviati saranno accompagnati dal simbolo P ad indicare lo stato di sospensione del calcolo dei parametri integrati.

La funzione Monitor è indipendente dall'eventuale registrazione di dati in memoria e può essere attivata simultaneamente. Le schermate su cui è possibile attivarla sono: SLM, PROFILO, OTTAVE e T.OTTAVA.

### L'intervallo di stampa varia a seconda del tipo di dati:

- In SLM vengono inviati una serie di valori ogni 0.5s.
- In PROFILO l'intervallo è programmabile e corrisponde all'intervallo di campionamento; fanno eccezione i tempi di campionamento pari ad 1/8s ed 1/4s dove vengono inviati rispettivamente 4 valori e 2 valori ogni 0.5s.
- Nell'analisi spettrale OTTAVE e T.OTTAVA, l'intervallo temporale è pari al tempo di profilo impostato nel caso di analisi multispettro (MLT, MAX e MIN) ed è fisso a 0.5s in AVG.

## MONITOR IN FORMATO BINARIO

La modalità MEASUREMENT della funzione Monitor permette di trasferire, ad un sistema di registrazione connesso all'interfaccia seriale, tutte le misure effettuate con il fonometro, senza limitarsi a quelle correntemente visualizzate.

Prima di iniziare l'acquisizione è necessario scegliere se trasferire i dati del gruppo Misure, Rapporto o Evento. I dati, che vengono trasferiti formattati in pacchetti binari per limitare la banda necessaria al trasferimento, sono quelli abilitati nel Menu >> Registrazione >> Misure, Rapporto ed Evento.

Consultare il manuale d'uso del modulo software NoiseStudio "Monitor", che è in grado di utilizzare pienamente questa funzione, per dettagli sulle possibilità di acquisizione in formato binario.

## LA FUNZIONE REGISTRAZIONE

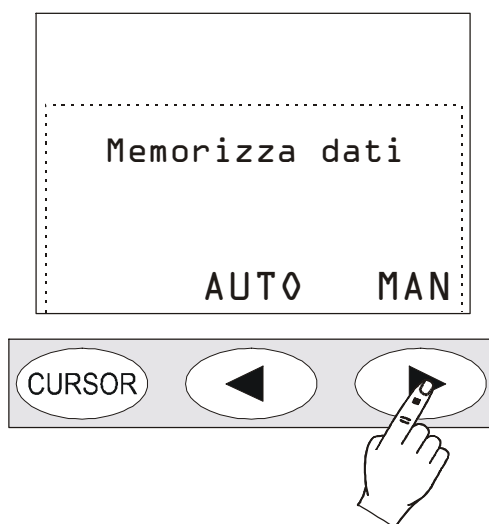


Il tasto **REC** sovrintende alla funzione di memorizzazione dei dati nella memoria interna dello strumento. Sono previste due modalità di registrazione: *singola (manuale od automatica)* e *continua*.

### REGISTRAZIONE SINGOLA MANUALE ED AUTOMATICA

Quando il tasto REC viene premuto da solo *per almeno 2 secondi*, la schermata visualizzata viene salvata in memoria come **record singolo**. Prima di memorizzare la schermata attiva, al momento della pressione del tasto REC, sarà richiesta la conferma del titolo della registrazione.

Il titolo è editabile premendo il tasto **ALPHA**, come descritto al capitolo “DESCRIZIONE TASTIERA” a pag. 139. Questa operazione è possibile nelle modalità di acquisizione RUN, HOLD, PAUSE e STOP. Quando si attiva la registrazione singola mentre lo strumento è in modalità STOP, viene dapprima richiesto di scegliere tra memorizzazione automatica o manuale.



Nel caso si scelga la registrazione *manuale* avverrà quanto appena descritto (registrazione di un record singolo).

Se invece si sceglie la modalità di registrazione *automatica* “AUTO”, il fonometro viene predisposto per la registrazione di tipo Auto-Store. Il parametro “MENU >> Registrazione >> Misure >> Auto-Store” è attivato ed il simbolo REC lampeggia sovrapposto all’indicatore di stato.

Per eseguire la registrazione automatica è sufficiente premere il tasto START: non appena il tempo di misura raggiungerà il tempo di integrazione impostato, i parametri visualizzati nella schermata SLM e gli spettri per banda d’ottava e di terzo d’ottava, saranno automaticamente memorizzati.

Per disabilitare la funzione Auto-Store è sufficiente premere brevemente il tasto REC mentre lo strumento è in STOP.

La registrazione automatica è attivabile anche accedendo all’apposita voce di menu (MENU >> Registrazione >> Misure >> Auto-Store).

Quando viene attivata la funzione Auto-Store, l’analisi di spettro viene automaticamente impostata in modalità AVR. Il tempo di integrazione (che corrisponde all’intervallo di memorizzazione) è programmabile dalla schermata SLM oppure utilizzando l’apposita voce di menu (MENU >> Generale >> Misure >> Intervallo di Integrazione).

## REGISTRAZIONE CONTINUA

La pressione *contemporanea* dei tasti REC e START/STOP/RESET avvia la registrazione **continua** dei dati in memoria. Prima di avviare la registrazione continua, devono essere selezionati i dati da memorizzare tramite le voci del menu REGISTRAZIONE (si vedano i dettagli a pag. 57).

E' possibile fermare temporaneamente la registrazione premendo il tasto PAUSE/CONTINUE e riavviarla premendo lo stesso tasto. Non appena si ritorna allo stato RUN, viene memorizzato uno speciale record contenente indicazioni circa l'eventuale cancellazione (vedi la "Funzione Cancellazione" nella modalità SLM a pag. 21) oltre a data ed ora.

Il tasto HOLD non ha alcuna influenza sulla registrazione dei dati.

L'intervallo di registrazione nella modalità continua varia a seconda del tipo di dati:

- In *SLM* vengono registrati una serie di valori ogni 0.5s.
- In *Profilo Temporale* l'intervallo è programmabile e corrisponde all'intervallo di campionamento; fanno eccezione i tempi di campionamento pari ad 1/8s ed 1/4s dove vengono registrati rispettivamente 4 valori e 2 valori ogni 0.5s.
- Nell'*analisi spettrale* a banda stretta (d'ottava o di terzo d'ottava), l'intervallo è pari al tempo di profilo impostato se l'analisi è multispettro (MLT, MAX e MIN) ed è pari a 0.5s in AVG.

Il tempo di integrazione agisce come un timer che blocca automaticamente la memorizzazione non appena è trascorso il tempo impostato. Il tempo di integrazione è programmabile dalla schermata SLM oppure utilizzando l'apposita voce di menu (MENU >> Generale >> Misure >> Intervallo di Integrazione).

## REGISTRAZIONE CONTINUA DEI GRUPPI RAPPORTO ED EVENTO

È possibile registrare anche rapporti ed eventi.

I dati collegati alle misure dirette del livello sonoro come:

- Parametri della vista SLM
- Parametro della vista PROFILO
- Spettri per banda d'ottava e (con l'opzione) di terzo d'ottava
- Leq Short su 1/32s (con l'opzione *FFT*)
- Spettro per banda fine (con l'opzione *FFT*),

fanno parte del gruppo denominato **Misure**. Simultaneamente alla registrazione del gruppo Misure, è possibile attivare la registrazione dei gruppi **Rapporto** ed **Evento**.

I gruppi Rapporto ed Evento sono composti dai seguenti parametri registrabili:

- 5 parametri integrati
- Spettri medi d'ottava e di terzo d'ottava
- Statistica

Il gruppo Rapporto viene registrato ad intervalli programmabili, mediante il parametro MENU >> Generale >> Misure >> Intervallo di Rapporto, da un minimo di 1s ad un massimo di 1 ora. I 5 parametri integrati, gli spettri e la statistica vengono azzerati automaticamente all'inizio di ogni intervallo di rapporto.

Tra i 5 parametri di rapporto è possibile inserire:

- Livelli massimi e minimi pesati FAST, SLOW e IMPULSE
- Livello di picco
- Livello equivalente
- SEL
- Livelli percentili predefiniti L1, L2, L3 ed L4

Il gruppo Evento viene registrato, per ogni evento identificato (vedi il paragrafo “FUNZIONE TRIGGER D'EVENTO” a pag. 41), al termine dell'evento stesso. I 5 parametri integrati, gli spettri e la statistica vengono azzerati automaticamente all'inizio e vengono integrati per tutta la durata dell'evento. Tra i 5 parametri di evento è possibile inserire:

- Livelli massimi e minimi pesati FAST, SLOW e IMPULSE
- Livello di picco
- Livello equivalente
- SEL

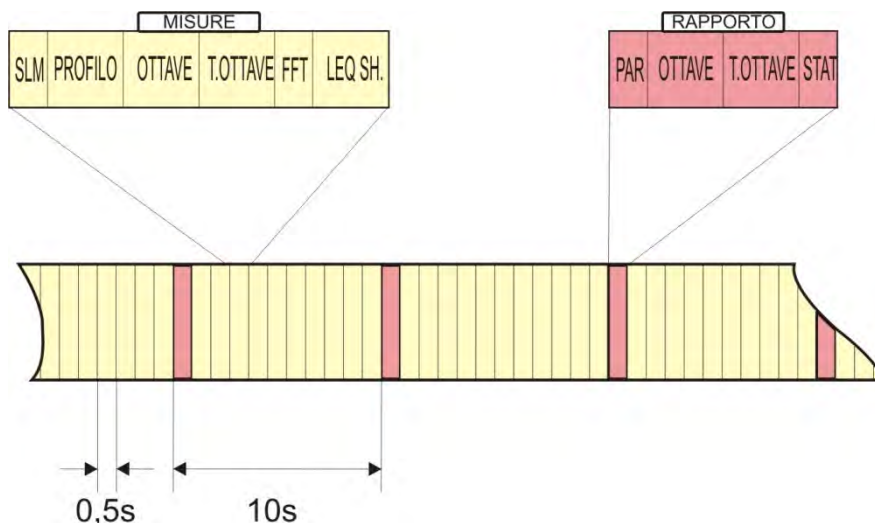
Quando viene attivata la registrazione del gruppo Misure assieme alla registrazione dei gruppi Eventi e Rapporti, la registrazione continua del gruppo Misure viene abilitata solo in corrispondenza degli eventi riconosciuti dal trigger d'evento. Questo permette un notevole risparmio di memoria, minimizzando la perdita di informazioni: durante gli eventi si ha la massima quantità di informazioni memorizzate mentre, fuori dagli eventi sonori, la registrazione dei livelli avviene comunque con ridotta risoluzione temporale, come definito dal parametro MENU >> Generale >> Misure >> Intervallo di Rapporto.

La Fig. 28 mostra il flusso di registrazione composta dai gruppi Misure e Rapporto.

L'intervallo di memorizzazione del gruppo Misure dipende dall'elemento, abilitato nel Menu >> Registrazione >> Misure, con la massima risoluzione temporale. La massima frequenza di memorizzazione di un gruppo Misure è pari a 2 registrazioni al secondo; per gli elementi che hanno una risoluzione temporale maggiore (ad esempio il Profilo con tempo di profilo inferiore a 0,5s ed il



Leq Short su 1/32s) vengono memorizzati più valori. Se per esempio viene abilitata la registrazione del Leq Short su 1/32s saranno memorizzati gruppi di 16 livelli ogni 0,5s. Nell'esempio in figura vengono memorizzati anche gruppi Rapporto con un Intervallo di Rapporto pari a 10s.



**Fig. 28**

Quando la funzione trigger riconosce un evento, identificato dal superamento della soglia di attivazione, oppure dal segnale esterno TRGIN, oppure dalla pressione del tasto ENTER, viene registrato un marker tempo.

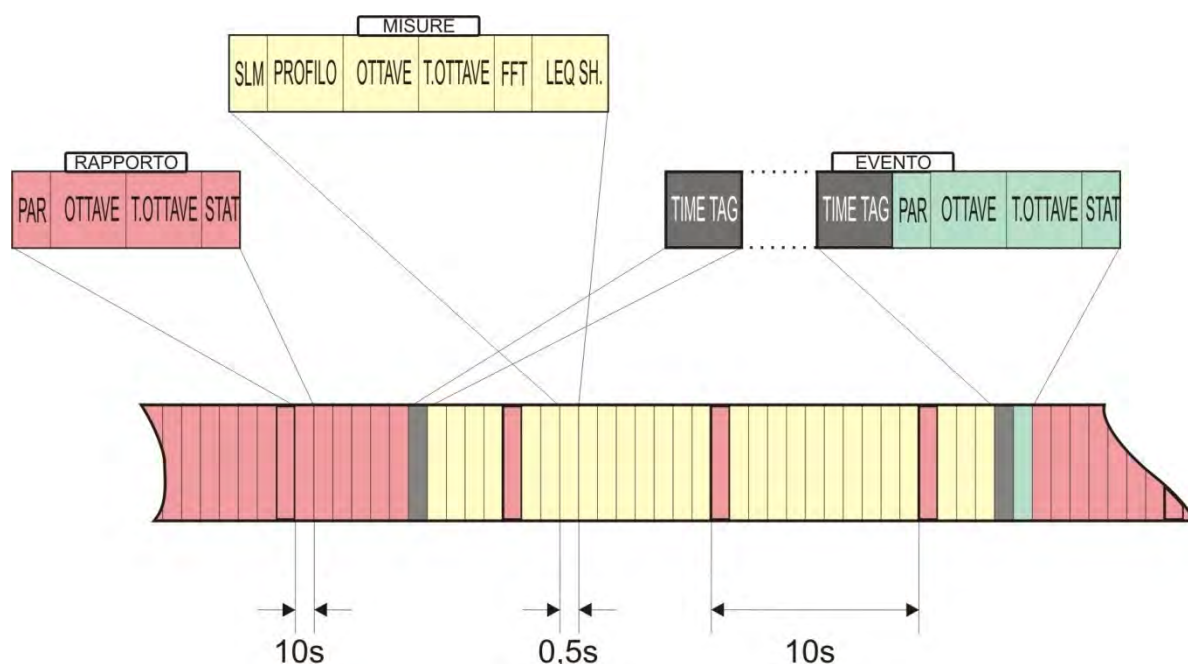
Analogamente, quando le condizioni di fine evento vengono identificate, in corrispondenza del superamento della soglia di disattivazione oppure della disattivazione del segnale esterno TRGIN oppure del rilascio del tasto ENTER, e comunque dopo che è trascorso il ritardo di stop impostato, viene registrato un ulteriore marker tempo.

Dopo il marker tempo, in chiusura d'evento, viene memorizzato il record contenente i dati del gruppo Evento.

Quando viene scelto, come sorgente per il trigger d'evento, il livello sonoro della vista PROFILO (Menu >> Trigger >> Sorgente: LEV), saranno memorizzati i dati di evento solo quando il superamento della soglia di attivazione (Menu >> Trigger >> Soglia Trigger) ha superato la durata minima impostata (Menu >> Trigger >> Durata Minima).

La figura seguente mostra il flusso di registrazione composto dai gruppi Misure, Rapporto ed Evento.

La memorizzazione del gruppo Misure è abilitata solo durante l'evento; fuori dall'evento si hanno solo registrazioni di rapporti. Nell'esempio della figura viene registrato un rapporto ogni 10s.



**Fig. 29 - Flusso di registrazione con Misure, Rapporti ed Eventi**

Se la soglia di attivazione viene superata per un tempo inferiore alla durata minima impostata, non sarà memorizzato il record contenente i dati del gruppo Evento.

Con l'opzione *FFT* è possibile registrare, oltre a quanto già descritto per la registrazione continua (vedi il paragrafo precedente), anche il profilo del **Leq Short** su 1/32s e l'analisi spettrale per banda fine (**FFT**).

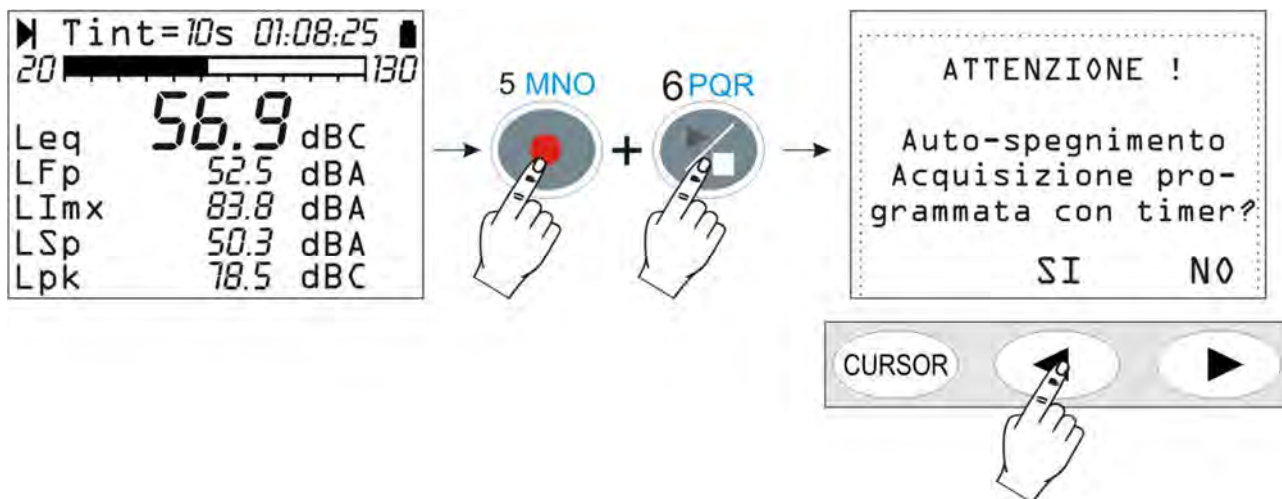
L'intervallo di registrazione varia a seconda del tipo di dati:

- Per il Leq Short è pari ad 1/32s.
- Per l'analisi spettrale a banda fine (FFT) è pari a 0.5s.

### Timer per acquisizione ritardata

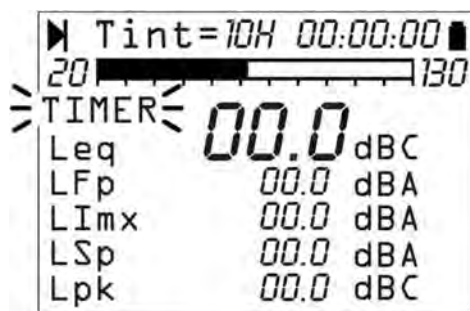
E' disponibile un timer per attivare l'acquisizione dati con un ritardo programmabile fino a 99 ore. Per effettuare una acquisizione con partenza ritardata, è necessario anzitutto impostare i parametri di registrazione e quindi programmare il **timer di acquisizione ritardata** mediante il parametro Menu >> Sequenziatore >> Timer.

Dopo aver programmato il fonometro, è sufficiente premere insieme i tasti **REC** e **RUN** (come per iniziare una misura con registrazione): confermare premendo il tasto "SI". Lo strumento entrerà in stand-by spegnendosi (si veda la fig. Fig. 30).



**Fig. 30 - Schermata di avviso dell'acquisizione automatica con timer**

La riaccensione avverrà allo scadere del tempo impostato, con circa 1 minuto di anticipo, per permettere allo strumento di superare il tempo di riscaldamento prima di iniziare automaticamente l'acquisizione. Durante questo minuto di attesa, la scritta "TIMER" lampeggia, ad indicare che la funzione di acquisizione automatica è stata attivata.



**Fig. 31 - Attesa per lo start dal timer**

L'acquisizione terminerà allo **scadere del tempo di integrazione impostato (Tint)** e lo strumento si spegnerà automaticamente dopo avere disabilitato il timer.

## DESCRIZIONE DELLE FUNZIONI DEL MENU

Il menu raccoglie l'insieme delle funzioni mediante le quali vengono impostati i parametri per il funzionamento dello strumento.

L'accesso al menu è permesso anche con strumento in fase di misura mentre la modifica di un parametro richiede che lo strumento sia in fase di stop. In caso contrario, appare un messaggio che richiede di fermare la misura corrente: "ATTENZIONE! Terminare la misura per continuare".

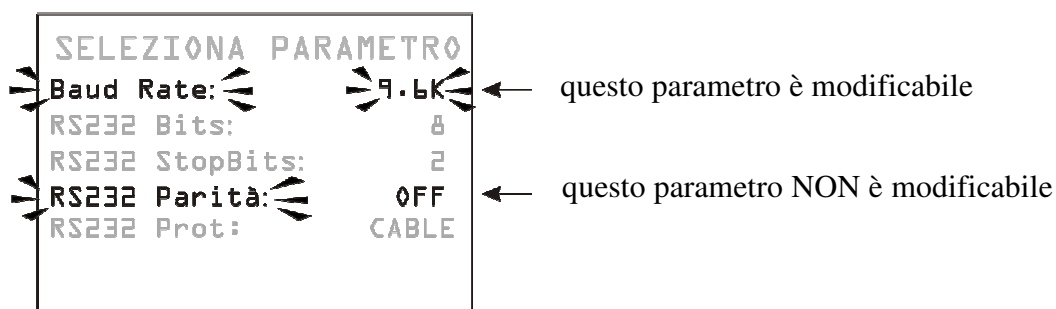


Fig. 32

Premendo SI, è possibile procedere con la modifica del parametro selezionato.

Alcuni dei parametri elencati a menu sono modificabili anche direttamente dalle schermate di misura: si veda il capitolo dedicato alle diverse modalità di visualizzazione da pag. 16.

Il menu è strutturato in più livelli: con categorie principali e sottomenu. Per selezionare una voce di menu, ci si sposta con le frecce UP e DOWN: la voce selezionata diventa lampeggiante. Se il parametro posto sulla destra di una voce di menu non lampeggia, significa che quella voce di menu non può essere modificata.



Si accede al sottomenu selezionato o si modifica il parametro selezionato con il tasto SELECT.

Il parametro selezionato lampeggiante può essere modificato con le frecce UP e DOWN: per la conferma del nuovo valore, premere il tasto ENTER, mentre per annullare le modifiche effettuate basta premere il tasto MENU.

Per uscire da un menu e ritornare al livello superiore fino a tornare alla schermata di misura, utilizzare il tasto MENU.

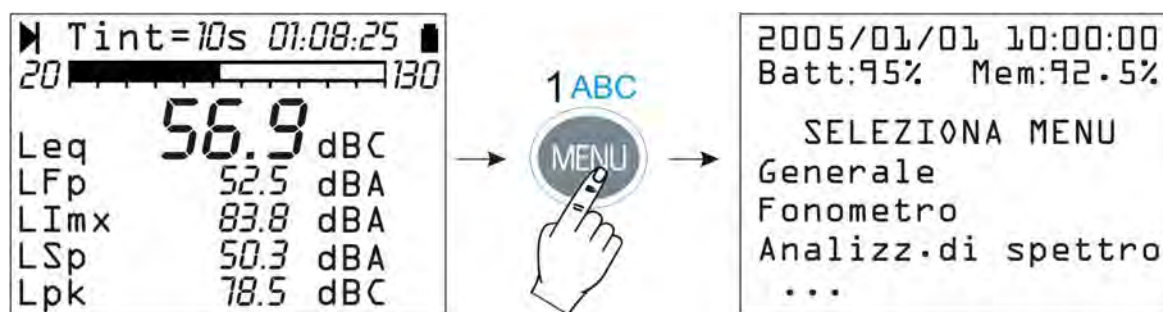


Fig. 33

Entrando nei menu, viene visualizzata la data e l'ora corrente e, nella riga successiva, la carica residua delle batterie e la quantità di memoria disponibile.

La voce "SELEZIONA MENU" diventa "SELEZIONA SUB-MENU" quando ci si trova all'interno di un sottomenu.

I puntini alla fine di un elenco indicano che vi sono altre voci di seguito a quelle visibili: per visualizzarle premere il tasto freccia DOWN.

## GENERALE

Il menu Generale raccoglie tutti i dati relativi all'identificazione dello strumento, alcuni parametri generali dello strumento, le impostazioni degli ingressi e delle uscite ed i parametri globali di acquisizione. È composto da quattro sottomenu che sono descritti di seguito.

### Identificazione

Raccoglie le informazioni che identificano lo strumento ed il microfono. Sono tutte voci non modificabili dall'utente.

- **Strumento:** sigla dello strumento.
- **Matricola:** numero di serie dello strumento.
- **Versione:** versione del firmware attuale installata sullo strumento.
- **Microfono:** il modello di microfono.
- **Matr. Mic.:** numero di serie del microfono.
- **Risposta Mic.:** tipo di risposta del microfono. FF sta per Free Field (campo libero), DF per Diffused Field (campo diffuso).
- **Classe IEC61672:** classe di tolleranza secondo IEC61672.
- **Memoria:** quantità di memoria presente nello strumento. La dotazione standard è di 8Mbyte.
- **Opzioni:** opzioni del firmware.
- **Dinamica Estesa:** indica l'attivazione della modalità di misura ad elevata dinamica.

### Sistema

Consente l'impostazione di alcuni parametri di sistema.

- **Ora:** ora corrente.
- **Data:** data corrente espressa come anno/mese/giorno.
- **Modo Logging:** se si imposta Modo Logging = STD, il logging si arresta quando la memoria dello strumento è piena; se si imposta Modo Logging = CIR, il logging prosegue, sovrascrivendo i dati più vecchi.
- **Indirizzo di Rete:** numero identificativo dello strumento, impostabile dall'utente.
- **Contrasto Display:** permette di regolare il contrasto del display. Al variare della temperatura ambiente, il contrasto del display subisce una piccola variazione: questa può essere corretta

inserendo un valore più alto per aumentare il contrasto od un valore più basso per diminuirlo. Il valore è impostabile fra 3 (minimo) e 9 (massimo).

- **Auto-Spegnimento:** lo strumento dispone della funzione che disattiva lo strumento automaticamente dopo 5 minuti se lo strumento si trova in STOP e, in questo intervallo di tempo, non viene premuto alcun tasto. Prima di spegnersi viene emessa una serie di beep di avvertimento: premere un tasto per evitare lo spegnimento dello strumento. La funzione è attiva se questa voce di menu è "ON". Se si imposta Auto-Spegnimento = OFF, lo strumento non si spegne automaticamente. **In questo caso il simbolo di batteria lampeggia anche con le batterie cariche.**

## Input/Output

Sottomenu per la scelta dei parametri relativi agli ingressi ed alle uscite dello strumento.

- **Ingresso:** la sorgente d'ingresso è selezionabile tra microfono (MIC) o connettore LINE.
- **Sorgente TRGOUT:** l'uscita TRGOUT è attivabile in combinazione con la modalità di acquisizione (RUN) oppure con il riconoscimento di un evento sonoro (EVN). Quando il parametro è impostato su OFF, l'uscita TRGOUT è inattiva.
- **Polarità TRGOUT:** l'uscita TRGOUT può avere polarità positiva (POS) o negativa (NEG), rispettivamente con livelli di riposo basso ed alto.
- **Baud Rate:** questo parametro ed i successivi definiscono le proprietà della connessione seriale. I valori di Baud Rate selezionabili vanno da un minimo di 300 ad un massimo di 230400 baud. Un valore più alto indica una comunicazione più veloce per cui conviene, **in assenza di altre controindicazioni**, selezionare il valore più alto possibile per velocizzare al massimo il trasferimento dei dati. Se lo strumento è connesso ad una stampante con ingresso seriale RS232 o con convertitore seriale/parallelo, va impostato il valore fornito dal costruttore della stampante.

**ATTENZIONE:** quando viene utilizzata l'interfaccia seriale, la comunicazione tra strumento e computer (o dispositivo con ingresso seriale) funziona solo se il Baud Rate dello strumento e quello del PC (o del dispositivo) sono uguali. Questa nota va tenuta in particolare conto se si usano programmi per il trasferimento dati che richiedono la configurazione manuale dei parametri della porta seriale quali, per es. HyperTerminal. Il programma NoiseStudio abbinato all'HD2110L, imposta automaticamente la porta seriale per cui non è richiesto alcun intervento da parte dell'operatore.

- **RS232 Bits:** (*parametro non modificabile*) numero di bit che compongono il dato trasmesso, il valore è 8.
- **RS232 Stop Bits:** (*parametro non modificabile*) bit di stop, il valore è 1.
- **RS232 Parità:** (*parametro non modificabile*) bit di parità, il valore è nessuna (OFF).
- **Disp. Seriale:** identifica il dispositivo connesso.

Le possibilità di connessione sono:

- **PRINTER:** connessione di una stampante con ingresso RS232
- **RS232:** connessione ad un personal computer dotato di porta RS232 (COM fisica)
- **MODEM:** connessione ad un modem con ingresso RS232 (consultare il paragrafo "Connessione ad un modem" a pag. 103).
- **USB:** connessione ad un personal computer mediante porta USB (consultare il paragrafo a pagina 106).
- **MC:** connessione al modulo opzionale di registrazione su memory card HD2010MC (vedi il capitolo dedicato a pag.108)

## Misure

Sotto la voce *Misure* sono raccolti i parametri generali di acquisizione.

- **Guadagno di Ingresso:** considerando microfoni con sensibilità pari a 50 mV/Pa, con Guadagno = 0 il limite superiore del campo di misura è pari a 140dB, con Guadagno = 10 il limite

superiore del campo di misura è pari a 130dB. Selezionare il guadagno appropriato in funzione del livello di rumore da misurare.

- **Campionamento Veloce:** intervallo di integrazione utilizzato per la misura del tempo di riverbero e del Leq Short.
- **Campionamento Profilo:** intervallo di integrazione nella visualizzazione del profilo temporale. Varia da un minimo di 1/8s ad un massimo di 1ora.
- **Campionamento Spettro:** intervallo di integrazione del singolo spettro quando è selezionata la modalità di aggiornamento multispettro (MLT, MAX o MIN). Varia da un minimo di 1/2s ad un massimo di 1ora.
- **Intervallo di Integrazione:** raggiunto questo tempo, lo strumento entra automaticamente in HOLD bloccando l'aggiornamento del display. È impostabile da un minimo di 1s ad un massimo di 99 ore. Se viene attivata la registrazione continua, il tempo di integrazione agisce come un timer che blocca automaticamente l'acquisizione al termine dell'intervallo impostato. Se viene impostato a 0s, il timer viene disattivato e l'integrazione diventa continua.
- **Intervallo di Rapporto:** i parametri di rapporto vengono integrati ad intervalli corrispondenti al tempo impostato. All'inizio di ciascun intervallo, i parametri vengono azzerati automaticamente. È possibile impostare intervalli di rapporto pari a: 1, 2, 5, 10, 20 e 30 secondi, 1, 2, 5, 10, 20, 30 minuti ed 1 ora.
- **Cancellazione Massima:** intervallo massimo di cancellazione dei dati acquisiti nella modalità SLM. I valori disponibili sono: 5s, 10s, 30s e 60s: l'intervallo di cancellazione è impostabile rispettivamente con passi di 1s, 2s, 5s o 10s. Si veda la descrizione del funzionamento a pag. 21.
- **Fattore di Scambio:** è utilizzato insieme con "Soglia DOSE" e "Criterion DOSE" nel calcolo della DOSE. Rappresenta la variazione del livello di pressione sonora che corrisponde ad un raddoppio o ad un dimezzamento della durata massima dell'esposizione a parità di Criterion (indicato come "Criterion DOSE"). Il suo valore può essere pari a 3dB, 4dB o 5dB.
- **Soglia DOSE:** è il livello di rumore al di sotto del quale la DOSE non viene aumentata. Il valore può essere impostato nell'intervallo 0dB÷140dB, a passi di 1dB.
- **Criterion DOSE:** è il livello di rumore che fornisce, dopo 8 ore di esposizione, una DOSE pari al 100%. Il valore può essere impostato nell'intervallo 60dB÷140dB, a passi di 1dB.
- **Livello di Sovraccarico:** se il livello sonoro eccede il limite superiore del campo misure, l'indicazione di sovraccarico ( $\Delta$  e  $\Lambda$ ) appare sul display. L'indicazione può essere attivata anche a livelli di ingresso inferiori programmando questo parametro da un minimo di 20dB ad un massimo di 200dB a passi di 1dB. Il livello indicato definisce la soglia di sovraccarico quando il guadagno di ingresso è pari a 0dB (Guadagno di Ingresso). La soglia di sovraccarico scala automaticamente con il guadagno di ingresso.
- **Livello Percentile 1, 2, 3 e 4:** nell'analisi statistica di eventi rumorosi, i livelli percentili  $L_N$  sono definiti come i livelli di rumore che sono stati superati per la percentuale N di tempo nell'intervallo di misura totale. Per es.  $L_1$  rappresenta il livello di rumore che è stato superato per l'1% del tempo di misura. La presente voce e le tre successive definiscono 4 livelli percentili selezionabili tra 1% e 99% a passi di 1%. Le corrispondenti variabili sono indicate nella visualizzazione SLM come L1, L2, L3 e L4, accompagnate dalla relativa percentuale.

## FONOMETRO

Il menu Fonometro raccoglie tutti i parametri relativi alle modalità di visualizzazione SLM e Profilo Temporale. Queste stesse voci possono essere modificate direttamente nelle rispettive schermate come descritto a pag. 20 al paragrafo "Selezione dei parametri".

Le prime cinque voci del menu, da Par. 1 a Par. 5, definiscono i cinque parametri di misura, con le rispettive ponderazioni di frequenza, relativi alla modalità di visualizzazione SLM. La voce "Prof."

definisce il parametro di misura, con la rispettiva ponderazione di frequenza, relativo alla modalità di visualizzazione Profilo Temporale.

È possibile modificare la ponderazione temporale dei parametri di misura, quando selezionati, premendo il tasto RIGHT. Quando la ponderazione temporale lampeggia, è possibile modificarla con le frecce UP e DOWN.

L'elenco dei parametri impostabili è riportato in appendice A1 a pag. 147.

## ANALIZZATORE DI SPETTRO

Il menu Analizzatore di Spettro raccoglie i parametri specifici relativi alle modalità di visualizzazione degli spettri, Ottave, Terzi d'Ottava e FFT. Queste stesse voci possono essere modificate direttamente nelle rispettive schermate, eccetto il parametro "Spostamento di ½ banda".

- **Ponderazione ausiliaria:** la ponderazione in frequenza del canale a banda larga associato allo spettro e visualizzato con una barra verticale posta alla destra dello spettro. Sono disponibili le ponderazioni A, B, C e Z e, per gli spettri di terzo d'ottava, è disponibile la somma delle bande adiacenti in un intervallo programmabile, indicata come banda U.
- **Modo:** la modalità di aggiornamento dello spettro per banda stretta d'ottava o di terzo d'ottava: può essere Multispettro (MLT), Massimo (MAX), Minimo (MIN) o Integrato (AVG).
- **Media:** il tipo di media dello spettro: lineare (LIN) oppure esponenziale (EXP).
- **Peso Media:** il peso della media esponenziale: FAST oppure SLOW.
- **Spostamento di 1/2 Banda:** attiva lo spostamento di mezza banda nell'analisi per terzi d'ottava (si veda il paragrafo a pag. 28). La variazione di questo parametro comporta lo spegnimento dello strumento. L'impostazione sarà efficace alla successiva riaccensione. Quando questo parametro è impostato su ON, sarà automaticamente azzerato su OFF alla successiva riaccensione dello strumento.
- **FFT Banda:** imposta la porzione dello spettro audio su cui viene visualizzata l'analisi per banda fine. È possibile scegliere la porzione di alta frequenza (HF) da 2 kHz a 22 kHz, la porzione delle frequenze medie (MF) da 250 Hz a 2.5 kHz e la porzione delle frequenze basse (LF) da 10 Hz a 300 Hz. Questo parametro necessita dell'opzione "FFT".
- **Ponderazione Spettro:** lo spettro può essere non ponderato (Z) oppure ponderato C o A.
- **Banda U LF:** limite inferiore per il calcolo della banda U, somma di bande adiacenti dello spettro di terzo d'ottava; la massima ampiezza della banda U è pari a 10 bande.
- **Banda U HF:** limite superiore per il calcolo della banda U, somma di bande adiacenti dello spettro di terzo d'ottava; la massima ampiezza della banda U è pari a 10 bande.
- **Display Ottave:** abilita (ON) o disabilita (OFF) la visualizzazione dello spettro per bande d'ottava.
- **Display T. Ottave:** abilita (ON) o disabilita (OFF) la visualizzazione dello spettro per bande di terzi d'ottava (richiede l'opzione "Terzi d'ottava").
- **Display FFT:** abilita (ON) o disabilita (OFF) la visualizzazione dello spettro per banda fine. Questo parametro necessita dell'opzione "FFT".

## ANALIZZATORE STATISTICO

Il menu *Analizzatore Statistico* raccoglie i parametri specifici relativi alle modalità di visualizzazione dei grafici statistici. Queste stesse voci possono essere modificate direttamente nelle rispettive schermate.



- **Param.:** il parametro utilizzato per i calcoli statistici a scelta tra  $L_{Fp}$ ,  $L_{eq}$  e  $L_{pk}$  con ponderazioni A, C e Z (solo C e Z per  $L_{pk}$ ). La frequenza di campionamento è pari ad 8 campioni/s (solo 2 campioni/s per  $L_{pk}$ ).
- **Largh. Classe:** l'analisi statistica viene effettuata per classi da 0.5dB.
- **Display Stat.:** abilita (ON) o disabilita (OFF) la visualizzazione della distribuzione di probabilità e del grafico dei livelli percentili.

## TRIGGER

Il menu *Trigger* raccoglie i parametri specifici relativi al trigger d'evento.

- **Sorgente:** la sorgente del trigger può essere scelta tra il livello della vista profilo (LEV), la pressione del tasto ENTER (MAN) oppure un segnale esterno TRGIN (EXT).
- **Polarità TRGIN:** la polarità del segnale esterno TRGIN può essere scelta tra positiva (POS) o negativa (NEG). Consultare il paragrafo SPECIFICHE TECNICHE.
- **Soglia Trigger:** la soglia di attivazione, per il trigger sul livello della vista profilo (LEV), è programmabile a passi di 1dB.
- **Soglia Fondo:** una soglia di disattivazione, distinta da quella di attivazione, per il trigger sul livello della vista profilo (LEV), è programmabile a passi di 1dB.
- **Polarità Trigger:** è possibile scegliere, per il trigger sul livello della vista profilo (LEV), livelli crescenti (POS) oppure livelli decrescenti (NEG). Per il trigger su livelli crescenti, la Soglia Trigger sarà maggiore della Soglia Fondo mentre al contrario, per il trigger su livelli decrescenti la Soglia Trigger sarà minore della Soglia Fondo.
- **Durata Minima:** è disponibile un filtro di durata per eliminare falsi trigger. Viene attivato il riconoscimento di un evento solo se la condizione di trigger permane per un numero di secondi almeno pari a questo parametro. Viene utilizzato solo se il parametro Sorgente è impostato su LEV.
- **Ritardo Stop:** quando le condizioni di trigger non sono più presenti, l'evento termina dopo che sono trascorsi un numero di secondi pari a questo parametro.
- **Stampa:** è possibile attivare la stampa attraverso l'interfaccia seriale di una stringa di avviso (TAG) in coincidenza di ciascun evento.

## REGISTRAZIONE

Nel menu *Registrazione* si trovano i parametri relativi alla memorizzazione dei dati misurati. Raccoglie le impostazioni relative alla registrazione dei livelli sonori misurati in ciascuna schermata, dei parametri di rapporto e di quelli d'evento. In assenza di parametri abilitati per la memorizzazione (tutte le voci OFF), lo strumento avviserà l'utente dell'impossibilità di effettuare registrazioni. I parametri di registrazione sono suddivisi in tre sotto-menu: Misure, Rapporto ed Evento.

### Misure

In questo menu viene definita la memorizzazione continua delle misure con la modalità descritta al paragrafo LA FUNZIONE REGISTRAZIONE a pag. 46.

Ciascuna modalità di visualizzazione può essere abilitata impostando la relativa voce su ON. Solo quelle abilitate verranno memorizzate, indipendentemente dalla schermata attiva al momento dell'avvio della funzione di registrazione continua. Per evitare di occupare inutilmente spazio di memoria, si consiglia di abilitare solo le voci che interessano e disabilitare le altre, impostandole su OFF.

- **Auto-Store:** attiva la modalità di registrazione automatica delle schermate SLM, OTTAVE e TERZI D'OTTAVA (opzione "Terzi d'ottava") come descritto al paragrafo LA FUNZIONE REGISTRAZIONE a pag. 46. L'attivazione di questa funzione comporta la disattivazione dell'Intervallo di Rapporto e del trigger d'evento.
- **Leq Short:** attiva la registrazione continua del livello equivalente integrato ad intervalli pari ad 1/32 di secondo. Questo parametro necessita dell'opzione "FFT".
- **Parametri SLM:** attiva la registrazione continua dei parametri della schermata SLM.
- **Param. Profilo:** attiva la registrazione continua dei parametri della schermata Profilo.
- **Spettro Ott.:** attiva la registrazione continua dello spettro d'ottava.
- **Spettro T.Ott.:** attiva la registrazione continua dello spettro di terzo d'ottava (con l'opzione).
- **Spettro FFT:** attiva la registrazione continua dello spettro per banda fine limitatamente alla banda selezionata con il parametro FFT Banda nel menu Analizzatore di Spettro. Questo parametro necessita dell'opzione "FFT".

Attivando la funzione Auto-Store, le schermate SLM, OTTAVE e T.OTTAVE saranno memorizzate automaticamente allo scadere del tempo di integrazione impostato. Il tempo di integrazione è programmabile dalla schermata SLM oppure utilizzando l'apposita voce di menu (MENU >> Generale >> Misure >> Intervallo di Integrazione). L'attivazione di questa modalità di registrazione viene segnalata con il simbolo REC lampeggiante sovrapposto all'indicatore di stato. La registrazione inizia premendo il tasto RUN. Per disabilitare la funzione Auto-Store premere brevemente il tasto REC.

## Rapporto

In questo menu viene definita la memorizzazione dei rapporti con la modalità descritta al paragrafo REGISTRAZIONE CONTINUA DEI GRUPPI RAPPORTO ED EVENTO.

Come per le misure, ciascuna voce può essere abilitata singolarmente. Per evitare di occupare inutilmente spazio di memoria si consiglia di abilitare solo le voci che interessano e disabilitare le altre, impostandole su OFF. L'intervallo di integrazione, e quindi di registrazione, dei rapporti è programmabile utilizzando l'apposita voce di menu (MENU >> Generale >> Misure >> Intervallo di Rapporto).

- **Par.1 – Par.5:** definiscono cinque parametri integrati, con le rispettive ponderazioni di frequenza.
- **Parametri:** attiva la memorizzazione dei 5 parametri Par.1 – Par.5 precedentemente definiti.
- **Spettro Ott.:** attiva la memorizzazione dello spettro medio (AVR) per banda d'ottava.
- **Spettro T.Ott.:** attiva la memorizzazione dello spettro medio (AVR) per banda di terzo d'ottava (richiede l'opzione "Terzi d'ottava").
- **Statistica:** attiva la memorizzazione della statistica

## Evento

In questo menu viene definita la memorizzazione dei rapporti d'evento con la modalità descritta al paragrafo "REGISTRAZIONE CONTINUA DEI GRUPPI RAPPORTO ED EVENTO"

Come per le misure, ciascuna voce può essere abilitata singolarmente. Per evitare di occupare inutilmente spazio di memoria si consiglia di abilitare solo le voci che interessano e disabilitare le altre, impostandole su OFF.

- **Par. 1 Par. 5:** definiscono cinque parametri integrati d'evento, con le rispettive ponderazioni di frequenza.
- **Parametri:** attiva la memorizzazione dei 5 parametri Par. 1 Par. 5 precedentemente definiti.

- **Spettro Ott.:** attiva la memorizzazione dello spettro medio (AVR) per banda d'ottava.
- **Spettro T.Ott.:** attiva la memorizzazione dello spettro medio (AVR) per banda di terzo d'ottava (richiede l'opzione "Terzi d'ottava").
- **Statistica:** attiva la memorizzazione della statistica d'evento.

## CALIBRAZIONE

- **Livello Calibratore:** il livello sonoro del calibratore impiegato per la messa in punto del fonometro. I valori ammessi variano da 90.0dB a 130.0dB con una risoluzione di 0.1dB.
- **Risposta Microfono:** consente di selezionare il tipo di risposta in frequenza del microfono in funzione del campo acustico. Con il microfono standard, che ha una risposta in frequenza ottimizzata per il "campo libero", l'impostazione normale è "Free Field" (FF), cioè appunto "campo libero". E' possibile attivare la correzione per incidenza casuale impostando il parametro su "Random Incidence" (RI). Questa impostazione è necessaria per effettuare rilievi in conformità alle normative ANSI.

Ad esempio, nel caso si scelga come microfono l'MC22, che ha una risposta in frequenza ottimizzata per il "campo diffuso", l'impostazione normale è RI. E' possibile attivare la correzione per effettuare misure in campo libero impostando il parametro su FF. Questa impostazione è necessaria per effettuare rilievi in conformità alle normative IEC.

Quando si usa l'unità per esterni HDWME, l'impostazione per la misura del rumore proveniente dal traffico aereo è FF mentre l'impostazione per la misura del rumore proveniente dal suolo è RI.

- **Correzione schermo:** consente di correggere la risposta in frequenza del fonometro quando viene usato lo schermo antivento HDSAV, fornito in dotazione con il fonometro, oppure il kit di protezione per esterni HDWME. Quando questo parametro è impostato su SAV o WME la risposta in frequenza del fonometro viene corretta per la presenza dello schermo antivento o della protezione per esterni rispettivamente. Per i dettagli sulla correzione da applicare, si veda il paragrafo "Unità microfonica per esterni HDWME" a pag. 116.
- **Correzioni Ambientali Microfono:** attiva la correzione per la deriva della sensibilità del microfono con la temperatura ambiente. Quando questo parametro è attivo (ON) la deriva termica della sensibilità di tutta la catena di misura viene corretta di un fattore pari al parametro "C<sub>t</sub> Mic".
- **C<sub>t</sub> Microfono:** deriva termica del microfono. Questo parametro viene impostato in fabbrica e non è modificabile dall'utente.

## SEQUENZIATORE

- **Timer:** ritardo di acquisizione programmabile in ss, mm oppure ore fino ad un massimo di 99 ore (consultare il paragrafo "Timer per acquisizione ritardata" a pag. 50).

## PROGRAMMI

Sotto la voce PROGRAMMI (tasto **PROG**) sono raccolte queste funzioni:

- visualizzazione dei dati memorizzati (*NAVIGATORE*),
- calibrazione elettrica ed acustica (*CALIBRAZIONE ELETTRICA* e *CALIBRAZIONE ACUSTICA*),
- test diagnostico dello strumento (*RISPOSTA IN FREQUENZA* e *CHECK DIAGNOSTICO*),
- misura del tempo di riverbero (*TEMPO DI RIVERBERO*) (programma opzionale).
- Scarico dati su MC: questo programma permette di copiare le misure registrate nel fonometro nella scheda di memoria esterna (si veda il capitolo sul lettore di MC a pag. 108).

I singoli programmi vengono descritti in dettaglio nelle pagine seguenti.

### NAVIGATORE

Permette di accedere ai dati memorizzati nella memoria interna allo strumento, rivederli sul display e stamparli, senza dover necessariamente scaricarli su PC. Funziona sia con i dati a singola sessione sia con le sessioni multiple. Vi si accede dai programmi: tasto PROG >> Navigatore >> tasto SELECT. Appare la schermata seguente:



**Fig. 34 - Menu Navigatore**

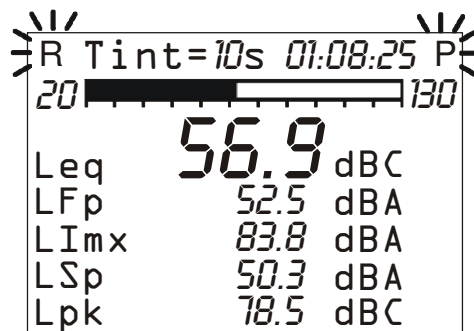
Premendo il tasto CANC si cancella il contenuto di tutta la memoria dello strumento. Prima della cancellazione, viene richiesta conferma.

Con il tasto CERCA si accede alla prima sessione di dati in memoria.



Per ogni file sono indicati, oltre al nome assegnato dall'utente (ABC nell'esempio in figura), il tipo (se singolo, multiplo, automatico o riverbero), il numero progressivo assegnato dallo strumento al momento della memorizzazione e la data. Per passare al file successivo premere il tasto PROSS, per caricare il file corrente premere CARICA.

Premendo CARICA, lo strumento torna in visualizzazione standard ed i simboli di STOP e di batteria si alternano alle lettere R (Replay) e P (Programma).



I file registrati possono essere di quattro tipi:

- Sing. schermata singola in registrazione manuale
- Auto schermate SLM, OTTAVE e TERZI D'OTTAVA (opzione "Terzi d'ottava") in registrazione automatica
- Mult. schermate multiple in registrazione continua
- RT misure di riverbero (con l'opzione "Tempo di Riverbero")

#### File di tipo "Auto"

Per vedere la sessione di dati, premere il tasto START: verranno presentate le schermate della sessione di misura così come sono state acquisite. Durante il replay è possibile cambiare la modalità di visualizzazione passando da una schermata all'altra, fermare e riavviare la riproduzione con il tasto PAUSE/CONTINUE o concluderla con il tasto STOP.

Al termine lo strumento si riporta in stato di STOP. In qualsiasi momento è possibile inviare all'interfaccia seriale una singola schermata.

Mentre il replay si trova in fase di pausa, è possibile visualizzare il prossimo dato premendo il tasto START. Se si mantiene premuto il tasto START in fase di pausa, il replay avviene in modalità accelerata.

#### File di tipo "Mult."

Per vedere la sessione di dati, premere il tasto START: se non sono stati registrati rapporti e/o eventi, verranno presentate le schermate della sessione di misura, come avviene con i file di tipo "Auto". Se, oltre alle misure, sono stati memorizzati rapporti e/o eventi, comparirà una schermata

intermedia che permetterà di scegliere se visualizzare le misure, i rapporti o gli eventi (consultare il paragrafo REGISTRAZIONE CONTINUA DEI GRUPPI RAPPORTO ED EVENTO ).

Quando si effettua il replay dei rapporti o degli eventi, nella vista SLM vengono visualizzati i parametri di rapporto o di evento rispettivamente. Quando si visualizzano gli eventi, questi vengono visualizzati uno alla volta con l'inserimento automatico di una pausa tra un evento ed il successivo; durante la pausa il tasto START permette di caricare i dati dell'evento successivo ed il tasto PAUSE di riprendere il replay.

Il replay delle misure abbinate alla registrazione di eventi, attiva automaticamente delle pause all'inizio ed al termine di ciascun trigger d'evento. Queste pause sono in corrispondenza dei marcatori di tempo che vengono registrati sia quando il trigger identifica l'evento che al termine dello stesso quando vengono salvati i dati relativi.

Se la registrazione contiene misure, rapporti ed eventi, le misure non vengono registrate con continuità ma solamente in coincidenza degli eventi sonori rilevati (consultare FUNZIONE TRIGGER D'EVENTO a pag. 41).

La disattivazione della registrazione delle misure fuori evento, in abbinamento con la registrazione di rapporti ed eventi, permette di tenere due velocità di registrazione, una lenta ed una veloce, abbinate ai rapporti ed alle misure rispettivamente. Solamente durante gli eventi viene utilizzata la massima risoluzione temporale di registrazione attivando la memorizzazione dei parametri del gruppo Misure (consultare il paragrafo REGISTRAZIONE CONTINUA DEI GRUPPI RAPPORTO ED EVENTO a pag. 48) mentre, per le altre parti dell'acquisizione, vengono memorizzati solo i parametri del gruppo Rapporto con una risoluzione temporale inferiore.

Quando viene attiva la registrazione simultanea di misure, rapporti ed eventi ed il trigger d'evento utilizza il livello sonoro della vista Profilo come sorgente (Menu >> Trigger >> Sorgente: LEV), la registrazione delle misure ha inizio non appena il livello sonoro supera la soglia di attivazione (Menu >> Trigger >> Soglia Trigger) senza aspettare che venga rispettato il tempo di durata minima impostato (Menu >> Trigger >> Durata Minima). La registrazione delle misure si interrompe quando è trascorso il ritardo di stop (Menu >> Trigger >> Ritardo Stop) dopo che il livello ha superato la soglia di disattivazione (Menu >> Trigger >> Soglia Fondo).

#### *File di tipo "Sing." ed "RT"*

I dati relativi vengono caricati e visualizzati automaticamente. I file di tipo "RT" richiedono qualche secondo per l'elaborazione dei dati necessaria per la visualizzazione.

Dopo aver esaminato le misure di un file, premendo **PROG** si torna al menu del Navigatore: premere **CARICA** per ricaricare la sessione corrente, **PROSS.** per visualizzare le proprietà della sessione successiva o **ESCI** per uscire.

Giunti alla fine dell'elenco di file salvati appare il messaggio "Fine dello scarico". Premendo **RIAVVOLGI** si ritorna al primo file dell'elenco.

## CALIBRAZIONE

La calibrazione viene effettuata periodicamente allo scopo di assicurare la validità delle misure eseguite dal fonometro e di tenere sotto controllo le eventuali derive a lungo termine della catena di misura costituita dall'insieme microfono-preamplificatore-strumento. Per assicurare che le misure effettuate con il fonometro siano effettuate in condizioni di stabilità, la lettera "W" lampeggia sopra l'indicatore dello stato dello strumento, per tutto il tempo necessario alla stabilizzazione della polarizzazione del microfono, per segnalare il periodo di "warm-up" necessario ad ogni accensione dello strumento.

Il fonometro HD2110L memorizza in un'area riservata tutti i parametri caratteristici della calibrazione con la data e l'ora.

Le tipologie di calibrazione possibili sono:

- *Calibrazione acustica* per mezzo di un generatore di livello sonoro a 1kHz come l'HD2020,
- *Calibrazione elettrica* (Capacitive Transducer Calibration) con possibilità di misurare la risposta in frequenza di tutto lo strumento, incluso il microfono.

La calibrazione è necessaria ogni volta che il livello del calibratore, misurato con il fonometro, si discosta dal valore nominale più di 0.5dB.

**La calibrazione acustica include quella elettrica** e, prima di effettuarla, è bene accertarsi che l'ambiente in cui si opera sia idoneo: assenza di rumori improvvisi, assenza di vibrazioni del piano d'appoggio, stabilità termica dello strumento. **La calibrazione elettrica consente una rapida verifica dei parametri elettrici della catena di misura.** La procedura di calibrazione include la verifica della polarizzazione del microfono.

I vari programmi di calibrazione si trovano nel menu "PROGRAMMI" al quale si accede con il tasto **PROG**.

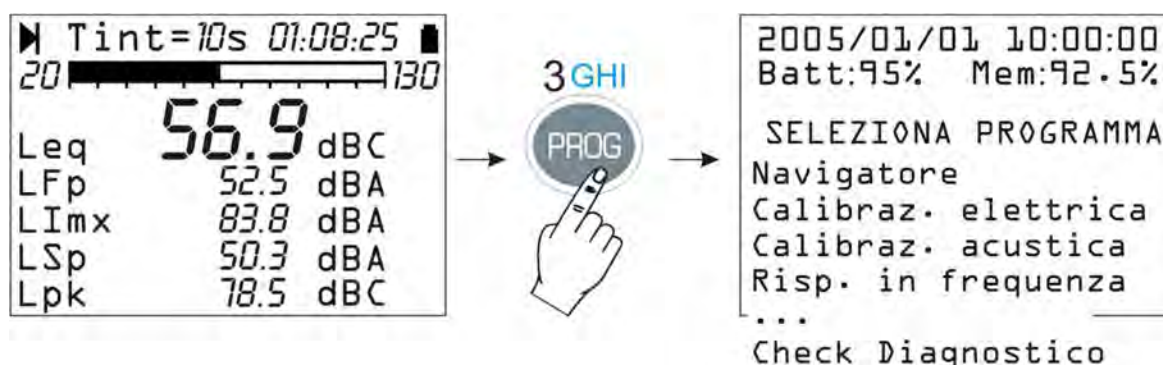
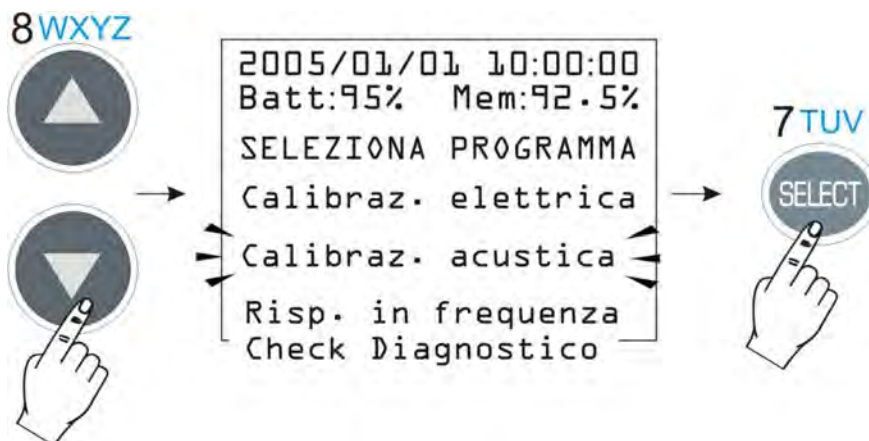


Fig. 35

Con le frecce UP e DOWN si seleziona la calibrazione da effettuare:



la schermata della calibrazione appare alla pressione del tasto SELECT.



Nella schermata compaiono la data e l'ora dell'ultima calibrazione ed il livello sonoro del calibratore così com'è impostato a menu (parametro MENU >> Calibrazione >> Livello Calibratore). Se si risponde affermativamente alla richiesta di procedere viene avviato il programma di calibrazione scelto.

Le procedure di calibrazione vengono eseguite in modalità del tutto automatica ed eventuali interventi da parte dell'operatore vengono richiesti con istruzioni che via via appaiono sul display. Al termine dell'esecuzione viene presentato sul display il risultato della calibrazione che può essere confermato o meno. **La conferma comporta la memorizzazione della nuova calibrazione.**

Al fine di mantenere la massima precisione di misura possibile, anche con lo schermo antivento montato, è possibile, accedendo alla voce del menu CALIBRAZIONE >> Correzione Schermo, applicare una correzione alla risposta in frequenza del fonometro tale da compensare gli effetti dello schermo HD SAV fornito in dotazione. Tutti i parametri di misura con ponderazione a banda larga oppure a banda percentuale costante d'ottava o di terzo d'ottava vengono così automaticamente corretti.

Oltre alla correzione per lo schermo antivento è possibile attivare la correzione per il campo acustico.

Con il microfono standard, che ha una risposta in frequenza ottimizzata per il "campo libero", quando la correzione è impostata su "Free Field" (FF), cioè appunto "campo libero" non viene applicata alcuna correzione. È possibile attivare la correzione per incidenza casuale, impostando la correzione su "Random Incidence" (RI). Questa impostazione è necessaria per effettuare rilievi in conformità alle normative ANSI (si veda il parametro del menu CALIBRAZIONE >> Risposta Microfono). Ad esempio, nel caso si scelga come microfono l'MC22, che ha una risposta in frequenza ottimizzata per il "campo diffuso", l'impostazione normale è "Random Incidence" (RI). È possibile attivare la correzione per effettuare misure in campo libero impostando il parametro su "Free Field" (FF). Questa impostazione è necessaria per effettuare rilievi in conformità alle normative IEC.

Il fonometro HD2110L è adatto per misure sul campo in un intervallo di temperatura da  $-10^{\circ}\text{C}$  a  $+50^{\circ}\text{C}$ , in un intervallo di pressione statica da 65 kPa a 108 kPa ed in un intervallo di umidità relativa dal 25% al 90%. Anche senza considerare il contributo dello strumento, il microfono stesso presenta già dei coefficienti di deriva della sensibilità acustica per temperatura e pressione statica che comportano una deriva della sensibilità del complesso microfono-preamplificatore-strumento, anche se entro i limiti specificati per la classe 1 secondo la norma IEC 61672. Il microfono in dotazione al fonometro HD2110L presenta specifici coefficienti massimi di deriva della sensibilità acustica (nel campo di funzionamento sopra specificato).

*Per maggiori dettagli sui coefficienti di deriva fare riferimento al manuale del microfono stesso.*

Anche il calibratore acustico, utilizzato per la messa in punto del fonometro, presenta dei coefficienti di deriva del livello di pressione sonora di cui tenere conto.



## TARATURA PERIODICA

La taratura periodica del fonometro HD2110L serve ad assicurarne la riferibilità ai campioni di laboratorio e viene effettuata in laboratori appositamente accreditati. Il fonometro HD2110L viene tarato dal Laboratorio di Acustica della Delta OHM prima di essere consegnato all'utente.

La taratura "di fabbrica", che viene sempre effettuata a strumento nuovo e ad ogni taratura periodica (almeno ogni due anni), include il rilievo della risposta acustica in pressione del complesso microfono-preamplificatore-strumento, che viene memorizzata nella memoria permanente del fonometro, insieme alla sensibilità acustica del microfono. Simultaneamente alla risposta acustica in pressione viene eseguita anche una Capacitive Transducer Calibration (calibrazione elettrica del fonometro che include il microfono) che sarà utilizzata quale riferimento per le calibrazioni eseguite dall'utente.

Quando viene effettuata una taratura periodica del fonometro in fabbrica, vengono memorizzate le costanti di calibrazione, come riferimento per successive comparazioni. A scopo di confronto o per ripristinare lo strumento dopo una calibrazione errata, è possibile caricare la calibrazione di fabbrica. Questa operazione interviene anche su diversi parametri dello strumento e li riporta al loro valore di default; se vi sono dati in memoria, questi saranno cancellati.

Per effettuare il reset, seguire questa procedura:

- Scaricare eventuali dati presenti in memoria
- Assicurarsi che l'acquisizione sia in fase STOP
- Rimuovere l'alimentatore esterno, se collegato
- Rimuovere una delle batterie: lo strumento ovviamente si spegnerà.
- Attendere alcuni minuti: questa operazione assicura la scarica di tutti i circuiti interni del fonometro
- Inserire la batteria mancante **mantenendo premuto il tasto ENTER**
- Lo strumento si accenderà automaticamente e mostrerà una schermata di avviso dell'avvenuto caricamento dei parametri di fabbrica
- Dopo la conferma (premendo AVANTI), è necessario, per memorizzare le costanti di calibrazione, eseguire una calibrazione acustica. In mancanza di questa operazione, oppure in caso la calibrazione acustica dia esito negativo, i dati di calibrazione di fabbrica saranno, alla successiva riaccensione, sostituiti da quelli memorizzati nell'ultima calibrazione eseguita con successo.

Per le prove periodiche è possibile utilizzare segnali elettrici forniti da un generatore collegato al preamplificatore del fonometro HD2110L per mezzo di un adattatore capacitivo che sostituisce il microfono. L'adattatore capacitivo specifico per il tipo di microfono in dotazione allo strumento è un accessorio fornibile da Delta OHM. È possibile utilizzare altri modelli di adattatori capacitivi purché la capacità equivalente del dispositivo sia compresa tra 15 pF e 33 pF.

Prima di effettuare le prove elettriche o acustiche è necessario disabilitare le correzioni spettrali del fonometro impostando i seguenti parametri:

- Menu >> Calibrazione >> Risposta Microfono >> FF per i fonometri che utilizzano un microfono per campo libero e Menu >> Calibrazione >> Risposta Microfono >> RI per i fonometri che utilizzano un microfono per campo diffuso
- Menu >> Calibrazione >> Correzione Schermo >> OFF

Per la verifica della **risposta in frequenza del complesso microfono-fonometro** è possibile utilizzare sia la tecnica con *accoppiamento elettrostatico* che quella con *calibratore multifrequenza*. Per maggiori informazioni sulla tecnica consigliata per la verifica della risposta in frequenza del complesso microfono-fonometro e sulle correzioni della risposta in frequenza specifiche, fare riferimento al manuale del microfono in dotazione.

### ***Manutenzione delle capsule microfoniche***

Per evitare alterazioni permanenti della risposta in frequenza e conseguentemente un degrado delle specifiche fino all'uscita dai limiti di tolleranza della classe 1, è necessario evitare che si accumulino particelle di polvere e sporczia sulla membrana microfonica. Le capsule microfoniche devono essere periodicamente pulite. **Questa operazione viene normalmente svolta in occasione della taratura periodica** che si può effettuare presso Delta Ohm oppure presso un laboratorio accreditato per la taratura di microfoni di misura. **Si raccomanda di tarare l'unità annualmente.**

Evitare l'utilizzo dell'unità in presenza di vapori contenenti oli, sostanze conduttive o corrosive. Anche la formazione di condensa sulla membrana va evitata, in quanto ne modifica sostanzialmente la risposta acustica, determina fenomeni corrosivi e contribuisce sostanzialmente alla formazione di residui difficili da rimuovere.

Quando l'unità per esterni HDWME è collegata al fonometro acceso, l'alimentazione ed il riscaldamento del preamplificatore impediscono la formazione di condensa sulla membrana. Quando il fonometro è spento il riscaldamento del preamplificatore è disinserito ed è pertanto possibile che si formi della condensa sul microfono. Si consiglia di riporre l'unità HDWME in ambiente asciutto quando non viene utilizzata.

## CALIBRAZIONE ELETTRICA

La calibrazione elettrica, che utilizza la partizione della carica iniettata all'ingresso del preamplificatore microfonico in configurazione "amplificatore di carica" (Capacitive Transducer Calibration), anche se **non può sostituire completamente la calibrazione acustica**, fornisce comunque un valido mezzo per tenere sotto controllo le derive dello strumento, incluso il microfono. La figura a lato illustra lo schema di principio della tecnica CTC che consiste nell'invio di un segnale elettrico al preamplificatore attraverso un condensatore ad alta stabilità in modo che il segnale in uscita dipenda non solo dall'amplificazione ma anche dalla capacità del microfono. Molti dei malfunzionamenti del microfono si riflettono in una deriva della capacità che è individuabile con questa tecnica di calibrazione.

La calibrazione elettrica usa, come riferimento, il risultato dell'ultima calibrazione acustica e, in base a questa, corregge eventuali derive dello strumento. La calibrazione elettrica rimette in punto la risposta acustica del complesso microfono-fonometro sia per i canali a larga banda che su quelli a larghezza di banda percentuale costante. In caso si notino continue derive dello strumento, è bene eseguire una calibrazione acustica ed un controllo della risposta in frequenza dello strumento, per assicurarsi che non vi siano problemi nella catena di misura.

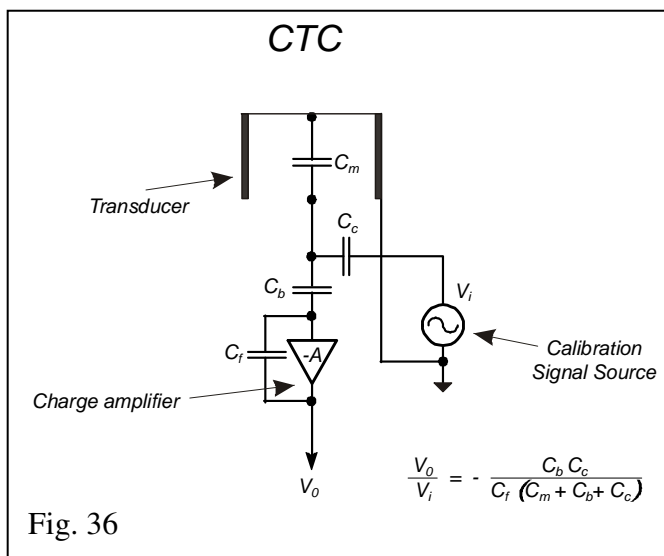


Fig. 36

## Procedura operativa

Accendere il fonometro, eventualmente terminare la misura in corso premendo il tasto STOP, ed eseguire la procedura seguente:

1. Premere il tasto PROG e con la freccia DOWN selezionare la voce "Calibrazione Elettrica".
2. Avviare la funzione premendo il tasto SELECT.
3. Viene applicato il generatore di segnale interno ed il segnale in uscita viene confrontato con quello rilevato nell'ultima calibrazione acustica.

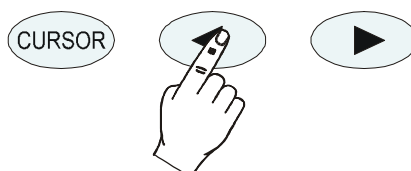
Il valore che appare nella schermata iniziale (51.3dBC nell'esempio che segue), prima di avviare la calibrazione con il tasto SI, è il valore misurato dal microfono al momento della pressione del tasto PROG e non è in relazione con la calibrazione in corso.

```

CALIBRAZIONE ELETTRICA
Data:2003/01/01 10.00
Livello cal.  94.0dB

Leq  51.3dBC

Eseguire calibrazione?
SI      NO
    
```



4. Premere il tasto SI per procedere oppure NO per uscire.
5. Premendo SI viene avviata la calibrazione: attendere il completamento della procedura.
6. Al termine apparirà il risultato della calibrazione e la richiesta di conferma della nuova calibrazione:



7. Premere SI (tasto LEFT del tastierino) per confermare oppure NO (tasto RIGHT del tastierino) per rifiutare la calibrazione appena conclusa. Al termine lo strumento ritorna alla schermata SLM in modalità STOP.

La stabilizzazione su un valore molto distante da quello di riferimento, evidenziato da un  $\Delta$ Leq superiore a qualche decimo, è sintomo che una delle componenti della catena microfono-preamplificatore-strumento ha subito una consistente deriva e, se tale differenza supera il limite massimo accettabile dallo strumento, la calibrazione fallirà. In questo caso consultare la “Guida alla risoluzione dei problemi” (a pagina 136), ed eventualmente contattare l’assistenza.

## CALIBRAZIONE ACUSTICA

Per mantenere la sensibilità acustica del complesso microfono-fonometro stabile nel tempo e nelle diverse condizioni d'uso, si fa ricorso ad una sorgente sonora di riferimento che genera un tono puro ad una determinata frequenza con livello di pressione noto e stabile nel tempo. Per questa funzione si utilizzano calibratori acustici in classe 1 o classe 2 conformi alla norma IEC 60942 compatibili con le capsule microfoniche MC. Per questo scopo è abbinabile al fonometro il modello di classe 1 HD2020.

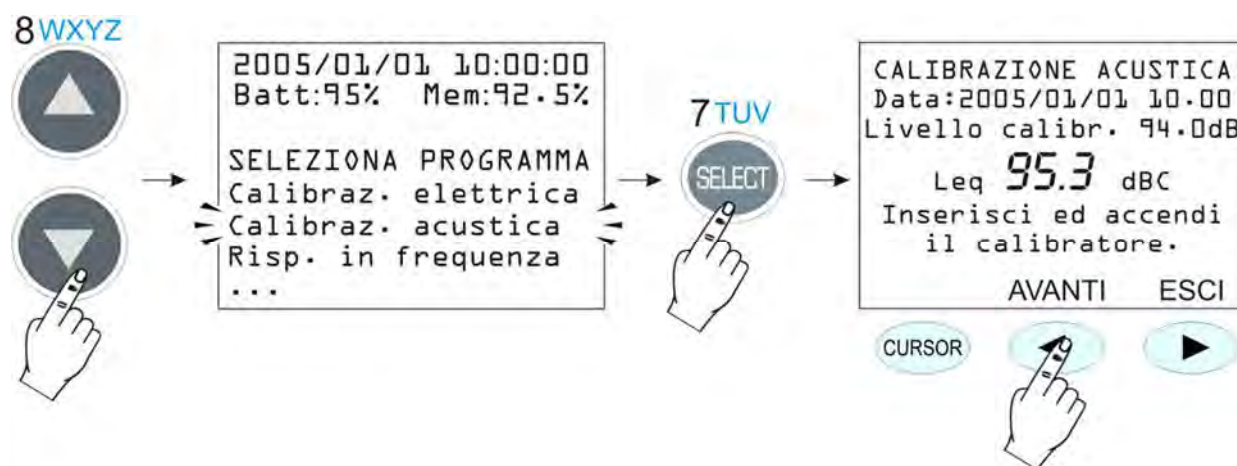
La verifica che il livello di riferimento sonoro, fornito dal calibratore acustico, sia correttamente misurato dal fonometro (la differenza tra il livello sonoro misurato dal fonometro ed il livello nominale del calibratore deve risultare inferiore a 0.5dB) va di norma effettuata prima e dopo una serie di misure, per assicurarsi della correttezza dei valori rilevati. Quando la differenza tra il livello sonoro del calibratore rilevato con il fonometro ed il valore nominale supera 0.5dB, è necessario eseguire una nuova calibrazione acustica.

**Attenzione: per evitare di danneggiare il fonometro, è importante, durante la taratura, seguire le istruzioni riportate a display e le indicazioni fornite nel presente manuale.**

### Procedura operativa

Accendere il fonometro, eventualmente terminare la misura in corso premendo il tasto STOP, ed eseguire la procedura seguente. Il programma effettuerà automaticamente un controllo che il tempo di preriscaldamento, evidenziato con la lettera W (warm-up) lampeggiante, sia stato ultimato, rimanendo eventualmente in attesa.

1. Premere il tasto PROG e con la freccia DOWN selezionare la voce "Calibrazione Acustica".  
Avviare la taratura premendo il tasto SELECT:

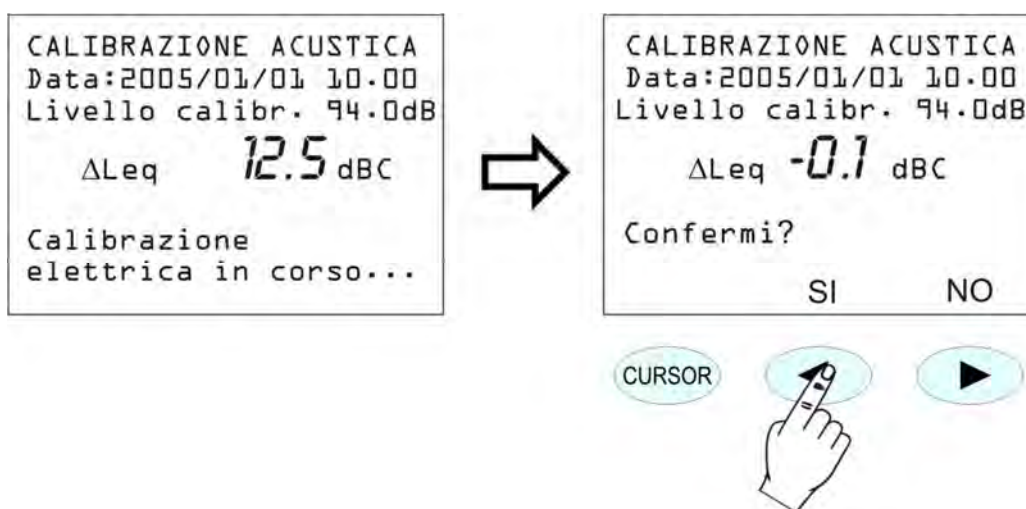


2. La prima schermata riporta la data dell'ultima calibrazione (Data:...) e, nella riga successiva, il livello sonoro del calibratore da usare nella calibrazione in corso (questo valore può essere modificato, prima di avviare il programma di calibrazione, alla voce "Livello Calibratore" del MENU: si veda a pag. 59). Inserire il microfono nella cavità del calibratore e quindi accenderlo.
3. Selezionare sul calibratore il livello sonoro riportato nella schermata del fonometro (94dB è il valore di riferimento) e quindi premere il tasto AVANTI per procedere.
4. A questo punto lo strumento misura il livello sonoro applicato ed attende che si sia stabilizzato: il livello misurato viene proposto a display. In questa fase sul display appare l'indicazione "Attendi la stabilizzazione...".

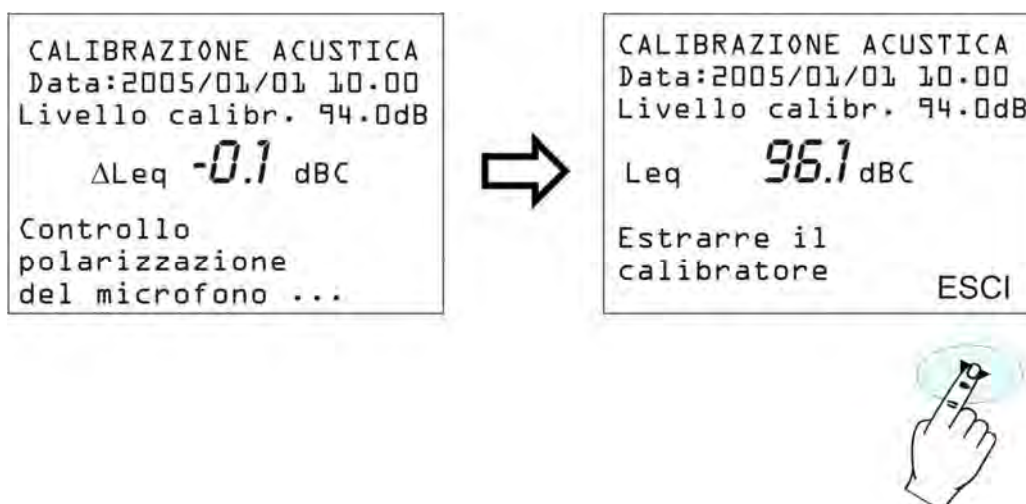
Quando il livello sonoro si è stabilizzato, il valore rilevato viene confrontato con quello di riferimento e se la differenza risulta accettabile viene acquisito. In questo caso compare il messaggio **Spegnere il calibratore** e premere il tasto AVANTI per proseguire.



5. Di seguito alla calibrazione acustica viene avviata automaticamente la **calibrazione elettrica**. Questa parte della procedura genera i dati di riferimento per le calibrazioni elettriche successive.



6. Al termine, se i valori della calibrazione elettrica risultano accettabili, viene richiesto di confermare la nuova calibrazione premendo SI (freccia LEFT del tastierino); a questo punto è possibile annullare tutta la calibrazione premendo NO (freccia RIGHT del tastierino).
7. Per concludere viene verificata la polarizzazione del microfono. Attendere finché appare la scritta "Estrarre il preamplificatore dal calibratore".



8. Estrarre il preamplificatore dal calibratore e premere ESCI.
9. La procedura è terminata.

Nel caso venissero rilevate costanti di calibrazione incompatibili con un corretto funzionamento dello strumento la calibrazione fallirebbe con il messaggio “Calibrazione fallita! Consultare il manuale”. Consultare in questo caso la “Guida alla risoluzione dei problemi” (a pag. 136), ed eventualmente contattare l’assistenza.

## **SOSTITUZIONE DEL MICROFONO**

Il fonometro HD2110L viene tarato in fabbrica in abbinamento al microfono. Se la sensibilità della capsula microfonica si discosta troppo dai livelli tarati in fabbrica, il fonometro non permette di effettuare calibrazioni acustiche ritenendo evidentemente che il microfono possa essere danneggiato.

La calibrazione acustica può pertanto fallire anche se la capsula viene sostituita o per riparazione oppure perché si desidera utilizzare una capsula con caratteristiche diverse da quella in dotazione.

Quando si desidera cambiare la capsula microfonica, è necessario utilizzare la procedura guidata attivabile utilizzando il programma NoiseStudio alla voce “Gestione strumento >> Nuovo microfono”. La procedura, che richiede l’uso di un calibratore acustico tarato, è descritta in dettaglio nell’Help in linea del software NoiseStudio.

## **DIAGNOSTICA**

Il fonometro HD2110L dispone di un programma di verifica delle principali funzioni hardware.

## **CHECK DIAGNOSTICO**

È un programma che verifica una serie di parametri elettrici critici dello strumento. Vengono controllati nell'ordine: le tensioni di alimentazione, la polarizzazione del microfono, la sua sensibilità, il tipo di preamplificatore e la temperatura. Al termine della procedura, in caso di fallimento, viene riportata una tabella con i risultati del test. Se necessario si consulti la “Guida alla risoluzione dei problemi” (a pag. 136), ed eventualmente si contatti l’assistenza.

## MISURA DEL TEMPO DI RIVERBERAZIONE

Il programma “**Tempo di Riverbero**” è disponibile come opzione sui fonometri HD2110L. La misura del tempo di riverberazione richiede l'utilizzo di: **una sorgente sonora, un microfono omnidirezionale ed un apparato di misura in grado di registrare il decadimento sonoro nell'ambiente in esame**. Le norme di riferimento per la misura del tempo di riverberazione sono la UNI EN ISO 3382 del 2008 e la ISO 354 del 1985.

Le applicazioni sono la determinazione dei parametri acustici di ambienti di ascolto della musica, teatri ed auditori e la determinazione delle caratteristiche acustiche di ambienti di vita come abitazioni, scuole, ecc.

## STRUMENTAZIONE E CONDIZIONI DI MISURA

La norma UNI EN ISO 3382-2: “*Misurazione dei parametri acustici degli ambienti. Parte 2: Tempo di riverberazione negli ambienti ordinari*” è stata aggiornata nel 2008. Questa norma pone dei criteri ed impone delle scelte sulla strumentazione da utilizzare e sulle condizioni di misura con lo scopo di renderne quanto più possibile ripetibili e confrontabili i risultati.

Per quanto riguarda la sorgente sonora essa deve soddisfare precisi requisiti per quanto concerne l'omnidirezionalità dell'emissione ed il rapporto segnale/rumore in tutte le bande acustiche di interesse, tipicamente nelle ottave da 125Hz a 4kHz.

L'omnidirezionalità deve essere molto curata: la massima deviazione accettabile, come media ogni 30° attorno alla sorgente, sono le seguenti:

Frequenza [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
Deviazione Max [dB]	±1	±1	±1	±3	±5	±6

Per valutare il minimo livello sonoro della sorgente per banda d'ottava bisogna considerare che per effettuare la misura del tempo di riverbero è sufficiente analizzare un decadimento pari ad almeno 20dB a partire da 5dB sotto il livello stazionario. Stimando che il rumore di fondo nell'ambiente, per non influire significativamente, debba essere almeno 10dB sotto il livello minimo considerato nel decadimento, **il livello sonoro emesso dalla sorgente deve superare di almeno 30dB il rumore di fondo in ciascuna banda d'ottava**.

Gli altoparlanti normali non sono di norma adatti all'impiego come sorgenti per la misura del tempo di riverbero, a causa della direzionalità dell'emissione. Si ricorre solitamente a sorgenti specifiche costituite da una serie di dodici altoparlanti posti sulle facce di un dodecaedro.

Per la scelta del microfono è importante valutare la *direzionalità* e la caratteristica di *risposta in frequenza*. I microfoni da 1/2” con caratteristica di risposta in pressione, sono la migliore scelta; in alternativa è possibile utilizzare un microfono ottimizzato per il campo diffuso, oppure per il campo libero con correttore di incidenza casuale.

### Posizione di misura

La posizione di misura è importante in quanto i risultati delle misure dipendono dalla posizione sia della sorgente che del microfono. È quindi fondamentale considerare un numero di posizioni, sia della sorgente che del microfono, adeguate a descrivere l'ambiente in esame. La posizione della sorgente terrà conto degli effettivi punti in cui si verrà a trovare la fonte del suono a seconda della specifica o più consueta destinazione d'uso dell'ambiente. Tipicamente si considerano un numero minimo di due o tre posizioni della sorgente escludendo il caso di una piccola sala conferenze dove può essere sufficiente considerare la sola posizione tipica dell'oratore. L'altezza da terra è normalmente pari a 1.5m.



Per ciascuna posizione della sorgente devono essere analizzate diverse posizioni per il microfono considerando l'effettiva distribuzione degli ascoltatori. La distanza tra loro dei punti misura deve essere almeno pari a 2m e devono distare almeno 1m da pareti o superfici riflettenti. L'altezza media da terra (considerando che l'ascoltatore è normalmente seduto) sarà pari a 1.2m. La distanza minima dalla sorgente deve essere pari a:

$$d_{\min} \approx 2\sqrt{\frac{V}{cT}}$$

dove **V** è il volume dell'ambiente in m<sup>3</sup>, **c** è la velocità del suono (343 m/s a temperatura ambiente) e **T** è un valore stimato del tempo di riverbero. Normalmente come distanza minima non si scende sotto i 3 metri.

L'apparato di analisi può essere ridotto al minimo utilizzando un semplice registratore di livello in grado di garantire la minima risoluzione temporale necessaria ad effettuare la misura del decadimento. Per quanto riguarda il livello sonoro da registrare, la ISO 3382 considera due possibili tipi di misure: *il campionamento del livello sonoro pesato esponenzialmente e l'integrazione lineare*. Nel caso si misuri il livello sonoro pesato esponenzialmente è necessario che il tempo di media esponenziale sia minore ed il più possibile vicino a T/30 dove T è il tempo di riverberazione.

Per quanto riguarda la sequenza di integrazioni lineari, il tempo di ciascun integrale deve essere minore di T/12. Non vi sono vantaggi apprezzabili nel diminuire il tempo di integrazione lineare al di sotto di questo valore. L'HD2110L effettua un'integrazione lineare del livello sonoro ad intervalli corrispondenti ad 1/32s ed è pertanto in grado di misurare il tempo di riverberazione secondo la ISO 3382 a partire da un tempo di riverberazione pari a 0.375s.

L'apparato di misura deve stimare il tempo di riverbero misurando la pendenza della curva di decadimento su un tratto di almeno 20dB e stimando quindi il tempo necessario ad un decadimento pari a 60dB, secondo la definizione del tempo di riverberazione. Naturalmente con questo tipo di apparato è necessario ripetere la registrazione e la misura oltre che per tutte le posizioni di sorgente e microfono anche per tutte le bande di frequenza, d'ottava o di terzo d'ottava.

Utilizzando un moderno analizzatore come l'HD2110L è possibile invece effettuare l'analisi in parallelo per tutte le bande: questa analisi prende il nome di *analisi multispettro* in quanto viene effettuata una analisi spettrale ad intervalli regolari.

### **Stime del tempo di riverbero $T_{10}$ , $T_{20}$ e $T_{30}$**

La misura del tempo di riverbero analizzando un decadimento pari a 60dB non è solitamente possibile a causa dell'insufficiente rapporto segnale/rumore della sorgente. Il tempo di riverberazione è solitamente *stimato* a partire dalla misura del tempo di decadimento su un tratto limitato pari a 20dB o 30dB a partire da 5dB sotto il livello stazionario. Queste stime del tempo di riverberazione vengono indicate come  $T_{60}(20)$  (oppure **T<sub>20</sub>**) e  $T_{60}(30)$  (oppure **T<sub>30</sub>**).

In pratica si effettua l'interpolazione lineare con il metodo dei minimi quadrati sul tratto di decadimento che parte dal punto inferiore di 5dB rispetto al livello stazionario e termina, ad esempio, 35dB sotto tale livello. La pendenza della retta fornisce il tasso di decadimento in dB/s da cui è possibile estrapolare il tempo di riverberazione.

## **MISURA CON RUMORE STAZIONARIO**

Per effettuare la misura del tempo di riverbero con la tecnica dell'interruzione della sorgente sonora si utilizzerà una sorgente omnidirezionale (tipicamente con la forma di un dodecaedro) alimentata da un segnale a larga banda che copra lo spettro audio di interesse per la misura.

Il segnale a larga banda emesso dalla sorgente è normalmente di due tipi: **bianco** o **rosa**. Il rumore emesso si definisce "**bianco**" quando la densità spettrale è costante su tutto lo spettro audio. Si definisce rumore "**rosa**" quando la densità spettrale è inversamente proporzionale alla frequenza.

Analizzando per bande a larghezza percentuale costante d'ottava o di terzo d'ottava una sorgente di rumore bianco si rileverà un aumento del livello sonoro all'aumentare della frequenza pari a 3dB per ciascuna ottava. Nel caso invece della sorgente di rumore rosa il livello sonoro, analizzato per bande a larghezza percentuale costante si manterrà costante al variare della frequenza.

L'analisi può essere effettuata sequenzialmente banda per banda oppure in parallelo per tutte le bande. Per l'analisi sequenziale è possibile avvalersi di una sorgente già filtrata in modo da emettere energia solo nella banda di interesse, con un sensibile miglioramento del rapporto segnale/rumore. Nel caso dell'analisi in parallelo, acquisendo cioè il decadimento contemporaneamente in tutte le bande di misura, la sorgente sarà di norma una sorgente di rumore rosa in grado di superare di almeno 30dB il rumore di fondo in tutte le bande di interesse, almeno da 100 Hz fino a 5 kHz.

Per effettuare la misura occorre dapprima generare un regime sonoro stazionario mantenendo la sorgente accesa a volume costante per un tempo almeno pari ad un quinto del tempo di riverbero. *Oltre a campionare il livello costante raggiunto nell'ambiente ed un tratto almeno pari a 20dB di decadimento è necessario campionare il rumore di fondo per documentare le condizioni di misura.* La tecnica di misura con la sorgente interrotta, a causa della natura casuale del segnale di eccitazione, presenta una rilevante variabilità nella misura soprattutto alle basse frequenze e necessita pertanto di operazioni di media per diminuire le irregolarità nella curva di decadimento e per migliorare l'accuratezza della misura della pendenza. Il numero minimo di misure per punto secondo la norma è pari a 3.

Secondo la ISO 5725, la ripetibilità della misura del tempo di riverbero in funzione del numero N di medie effettuate risulta pari a:

$$r_{30} = \frac{200}{\sqrt{BNT_{30}}}; r_{20} = \frac{370}{\sqrt{BNT_{20}}}$$

rispettivamente per  $T_{30}$  e  $T_{20}$ , dove  $r$  è espresso in percentuale e  $B$  è la larghezza di banda del filtro utilizzato, pari a  $0.71f_c$  e  $0.23f_c$  rispettivamente per filtri con larghezza di banda pari ad un'ottava ed un terzo d'ottava. Oltre a calcolare il tempo di riverberazione  $T_{30}$  oppure  $T_{20}$  ***è necessario analizzare visivamente la curva di decadimento per rendersi conto della possibile presenza di anomalie nel decadimento e di eventuali doppie pendenze.*** Occorre tenere presente che se il coefficiente di correlazione lineare calcolato con il metodo dei minimi quadrati sul tratto interpolato risulta inferiore a 0.95 non è possibile (secondo ISO 3382) considerare valida la misura e quindi non può essere definito il tempo di riverberazione. In taluni casi è possibile misurare due diverse pendenze, una per il tratto iniziale della curva di decadimento ed una per il tratto finale.

*Secondo la ISO 3382 il rapporto segnale/rumore deve essere almeno pari a 45dB e 35dB rispettivamente per le misure di  $T_{30}$  e di  $T_{20}$ .*

## MISURA CON RUMORE IMPULSIVO

La ISO 3382 contempla la possibilità di calcolare il tempo di riverberazione dalla risposta all'impulso dell'ambiente in esame utilizzando una tecnica numerica sviluppata da Schroeder. Questa tecnica consente, a partire dalla misura della risposta all'impulso dell'ambiente, di ottenere la curva di decadimento che si sarebbe misurata con la tecnica del rumore stazionario. Anzi, ciascuna curva di decadimento, ottenuta con questa tecnica corrisponde alla media di un infinito numero di decadimenti sonori ottenuti con la tecnica del rumore stazionario, come provato da Schroeder e come viene recepito dalla ISO 3382 che considera la ripetibilità di una singola misura con la tecnica della risposta all'impulso pari a quella associata alla media di 10 misure effettuate con la sorgente di rumore stazionario.

La risposta all'impulso si può ottenere con vari metodi, non necessariamente utilizzando una sorgente di natura impulsiva. Consideriamo solamente l'esempio della sorgente impulsiva come una pistola a salve oppure lo scoppio di un palloncino in quanto sono le più comunemente utilizzate anche se, non sempre, sono sempre utilizzabili o vantaggiose.

Dall'idea che la sorgente impulsiva produca un impulso ideale, il segnale rilevato sarà direttamente la risposta all'impulso dell'ambiente. Questo approccio è radicalmente diverso da quello della sorgente di rumore stazionario in quanto *non si raggiungono condizioni stazionarie e quindi la risposta è fortemente dipendente sia dalla posizione della sorgente che da quella del microfono*. I tempi di riverberazione misurati direttamente dal decadimento della risposta all'impulso sono leggermente inferiori a quelli prodotti dal decadimento del rumore stazionario e non coincidono con la definizione di Sabine.

### ***Integrale di Schroeder***

Schroeder ha dimostrato (1965) che il decadimento definito da Sabine si può ottenere dalla risposta all'impulso attraverso un integrale della risposta stessa. Tale integrale deve essere effettuato, sul quadrato della risposta all'impulso, all'indietro a partire dalla fine del decadimento fino all'istante in cui è stato ricevuto l'impulso.

Particolare attenzione deve essere dedicata alla scelta del tempo di inizio dell'integrazione. Infatti scegliendo un tempo troppo lungo, cioè superiore all'intervallo di decadimento del livello sonoro, si otterrà una curva di decadimento integrata che presenterà una doppia pendenza fittizia causata dall'integrazione del rumore di fondo. Scegliendo invece un tempo di inizio troppo vicino all'istante di ricezione dell'impulso si ridurrà inutilmente la dinamica di misura. La scelta ideale è un giusto compromesso tra la necessità di massimizzare la dinamica del decadimento e quella di diminuire il più possibile l'effetto del rumore di fondo.

Per questo motivo, la misura del rumore di fondo riveste particolare importanza nel caso si utilizzi la tecnica della sorgente impulsiva, e va effettuata con la massima cura, per evitare di falsare completamente la misura del tempo di riverberazione.

Il fonometro HD2110L Delta Ohm è in grado di effettuare automaticamente l'integrazione all'indietro di Schroeder applicando avanzate tecniche numeriche di rimozione degli effetti indesiderati prodotti dal rumore di fondo.

Nel caso siano identificabili due distinte pendenze nella curva di decadimento integrata è possibile riportare i due relativi tempi di riverbero stimati dalla pendenza dei rispettivi segmenti di decadimento che devono essere almeno pari a 10dB ciascuno.

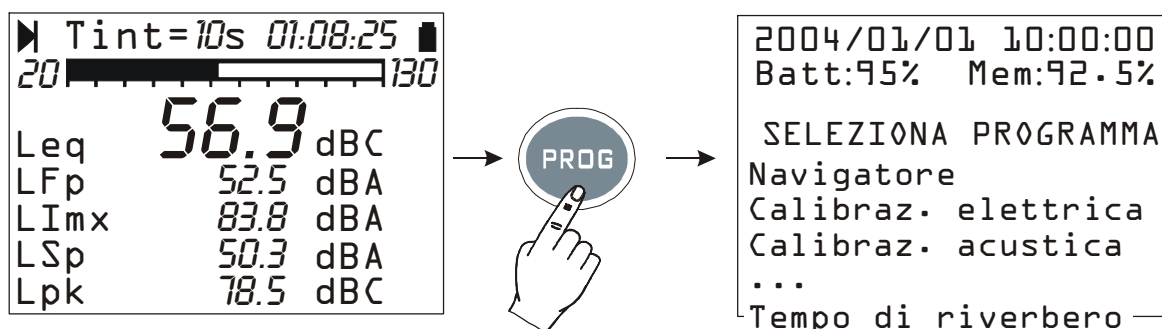
### ***Tempo di primo decadimento EDT***

Oltre al tempo di riverberazione tradizionale è possibile, a partire dalla risposta all'impulso integrata, ricavare il **tempo di primo decadimento EDT** dai primi 10dB del decadimento stesso. Rispetto al tempo di riverbero tradizionale T, che è correlato con le proprietà fisiche dell'ambiente di misura, l'EDT è correlato alla percezione soggettiva della riverberazione, è quindi utile valutare l'andamento del rapporto EDT/T in funzione della frequenza nei diversi punti di un ambiente.

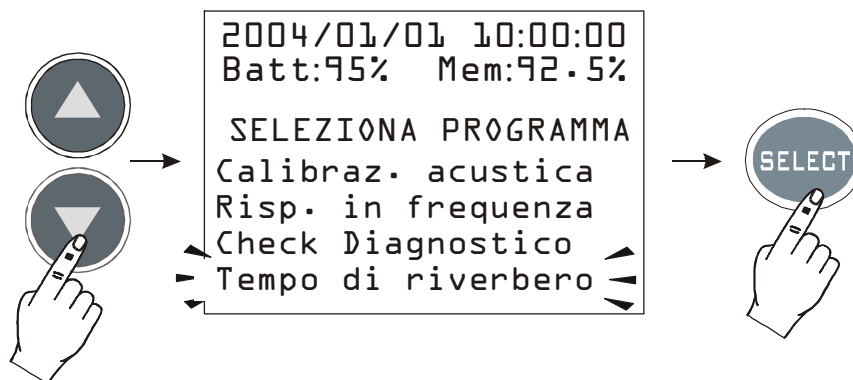
## PROCEDURA OPERATIVA PER LA MISURA DEL TEMPO DI RIVERBERO

In questo capitolo si descrivono i passaggi da effettuare per eseguire la misura del tempo di riverbero.

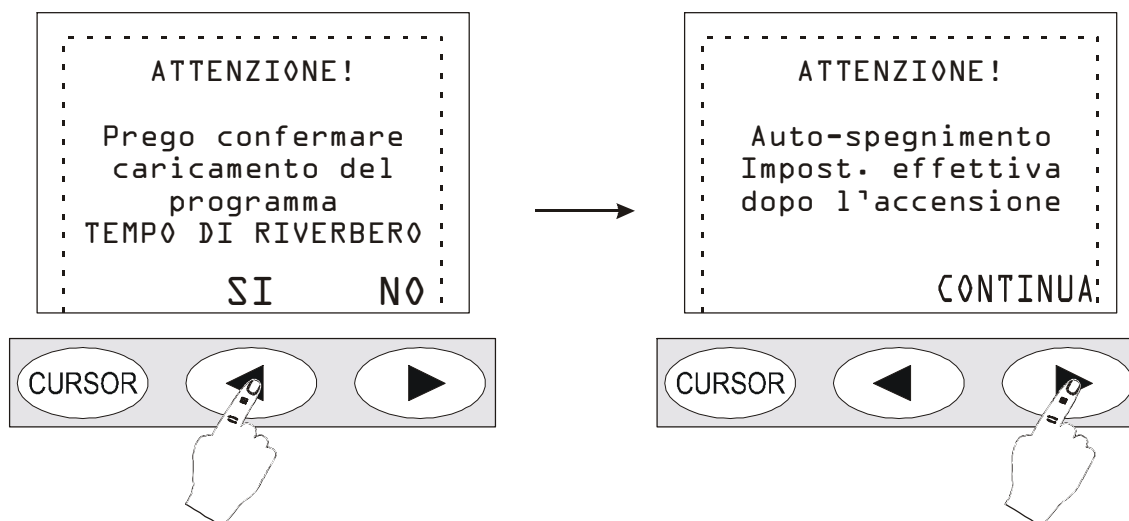
Accendere il fonometro ed entrare nella modalità di selezione dei programmi con il tasto **PROG**:



Con le frecce selezionare il programma "Tempo di riverbero" e confermare con il tasto **SELECT**<sup>4</sup>.



Il programma deve essere caricato in memoria: per procedere, premere il tasto centrale del tastierino numerico (**SI**) e, alla schermata successiva, il tasto destro in corrispondenza della scritta **CONTINUA**.



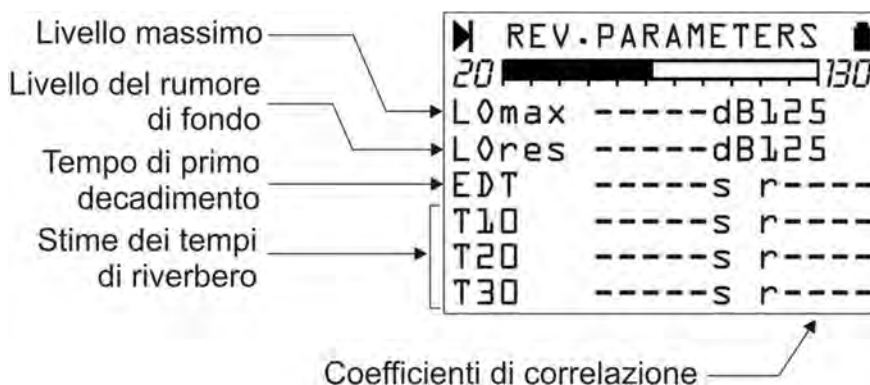
Il fonometro si spegne automaticamente.

<sup>4</sup> Se l'opzione per la misura del tempo di riverbero non è presente, appare un messaggio di avvertimento "Programma non abilitato. Contattare la fabbrica". In questo caso è necessario contattare il rivenditore per l'acquisto dell'opzione.

Riaccenderlo con il tasto **ON/OFF**: apparirà la scritta che conferma l'attivazione del programma per la misura del tempo di riverbero.



La schermata che appare a questo punto è quella di base:



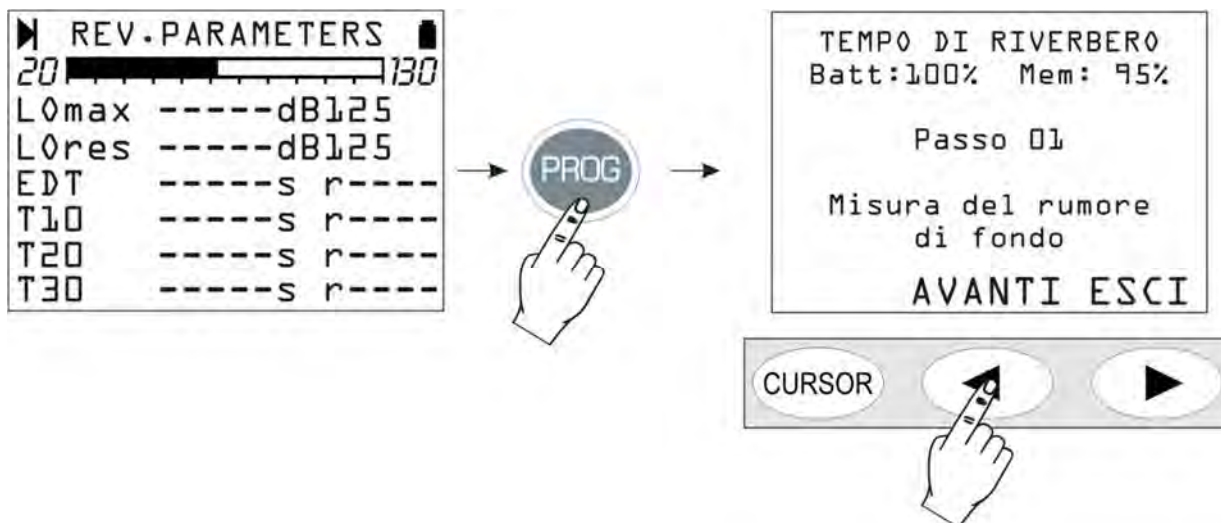
Dall'alto in basso sono riportati: il livello massimo per banda d'ottava raggiunto dalla sorgente di rumore (LO max), il livello del rumore di fondo per banda d'ottava (LO res), il tempo di primo decadimento EDT e le tre stime del tempo di riverbero  $T_{10}$ ,  $T_{20}$  e  $T_{30}$  ciascuno con i coefficienti di correlazione "r".

A questo punto è possibile verificare il livello sonoro della sorgente ed effettuare delle indagini preliminari allo scopo di impostare il generatore di rumore per la misura del tempo di riverbero. La schermata Profilo presenta 8 volte al secondo il massimo livello equivalente integrato su 1/32 s. Il parametro è selezionabile tra le bande d'ottava e di terzo d'ottava. Nelle schermate relative allo spettro in frequenza vengono visualizzati 2 spettri al secondo come massimi livelli per banda integrati linearmente su 1/32 s. La schermata a sei parametri numerici rimane inattiva finché non si effettua una misura del tempo di riverberazione.

Quando si è verificato il funzionamento della sorgente e si è giudicato sufficiente il rapporto segnale rumore è possibile procedere con la misura del tempo di riverberazione. Il fonometro guida l'utilizzatore per tutta la procedura della misura con dei messaggi sul display. Predisporre il fonometro e la sorgente di rumore (impulsiva o continua in base al tipo di misura scelta). Quando pronti, procedere premendo il tasto **PROG**.

### Misura del rumore di fondo

Il primo passo prevede la misura del rumore di fondo in assenza di altre sorgenti di rumore: premere, appena pronti, il tasto AVANTI.



Il livello di rumore corrente viene integrato per due secondi e quindi salvato nella memoria interna dello strumento.

Al passo successivo (04) viene richiesto il tipo di sorgente di rumore che verrà impiegato per la misura: sorgente di rumore continua (CONT.) o sorgente impulsiva (IMPULSO). In base alla scelta effettuata, la sessione di misura procede in due modi diversi: viene prima descritta la tecnica dell'interruzione della sorgente sonora e poi quella della risposta impulsiva integrata.



### ***Interruzione della sorgente sonora***

Se si usa la **sorgente di rumore continua interrotta**, premere il tasto centrale **CONT.**



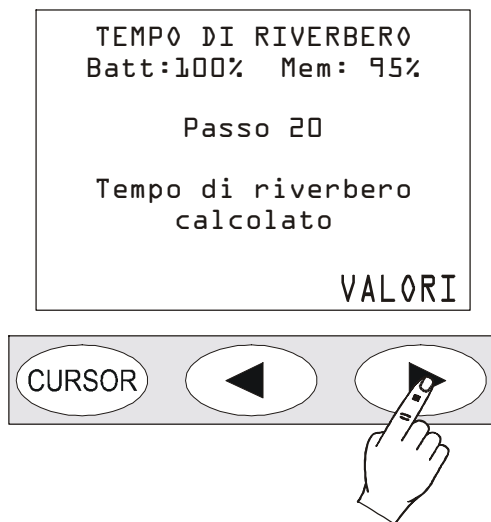
Attivare la sorgente di rumore e quindi premere il tasto AVANTI.



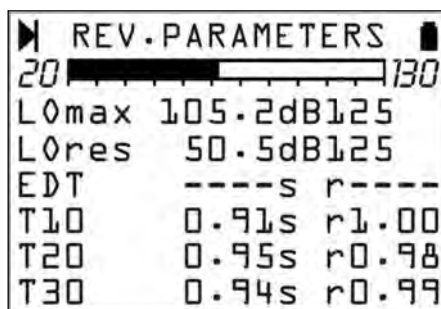
Attendere un tempo sufficiente affinché, in base alle dimensioni dell'ambiente, il rumore della sorgente si stabilizzi. Di norma 4-5 secondi sono sufficienti anche per gli ambienti più ampi, quindi procedere premendo il tasto AVANTI.



A questo punto, spegnere, **entro 5 secondi**, la sorgente di rumore: il fonometro misurerà automaticamente il decadimento del rumore ambientale ed effettuerà i calcoli. Per tutta la durata dell'acquisizione (6 secondi dallo spegnimento della sorgente) eventuali rumori indesiderati possono influire negativamente sulla misura. Al termine appare la schermata seguente:



Premere il tasto VALORI per visualizzare il risultato della misura.



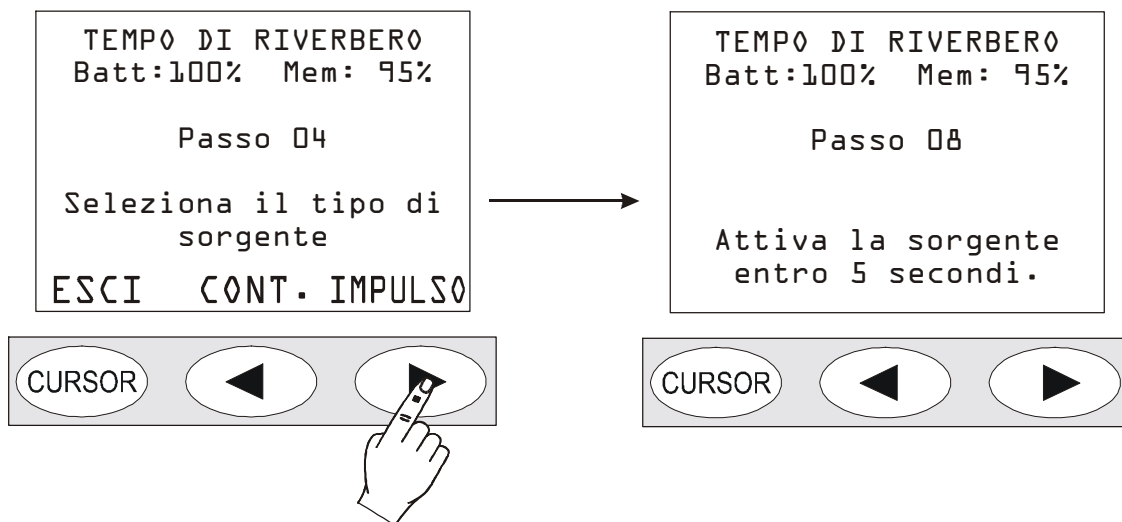
Nella misura del tempo di riverbero con il metodo della sorgente interrotta, il valore EDT non viene calcolato.

Il fonometro fornisce una descrizione completa della misura appena eseguita sia in forma di tabella che in forma grafica. Si veda più avanti il paragrafo dedicato alla descrizione dell'analisi dei risultati *"Tempo di riverbero - Analisi dei risultati"*.



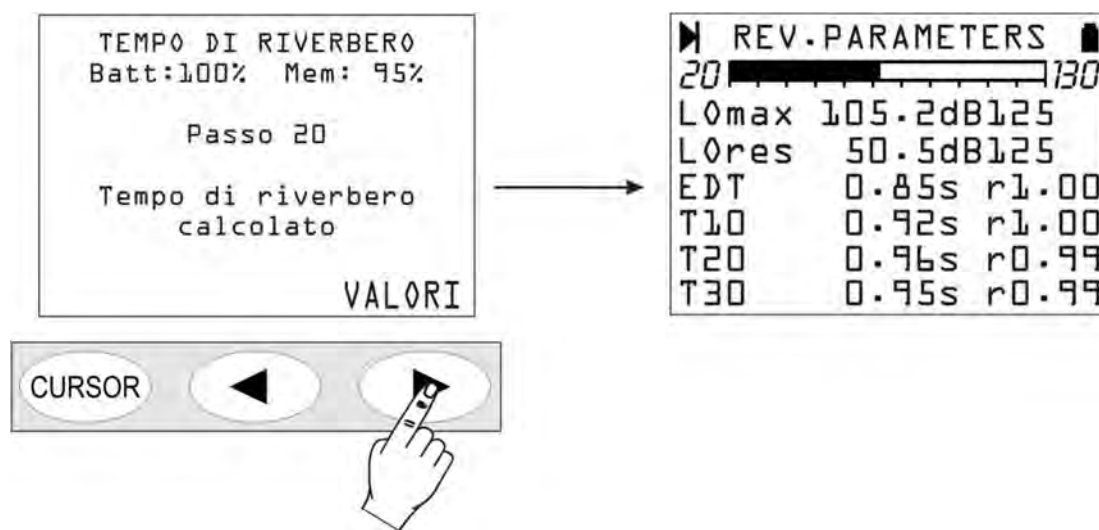
### Risposta all'impulso integrata

Se si utilizza l'impulso come sorgente di rumore per la misura, al passo 04 selezionare la voce *IMPULSO*...



... e, come indicato nella schermata successiva, attivare la sorgente impulsiva (colpo di pistola, scoppio di un palloncino, ...) **entro 5 secondi** dalla pressione del tasto.

Il fonometro misurerà automaticamente il decadimento del rumore ambientale ed effettuerà i calcoli. Per tutta la durata dell'acquisizione (6 secondi dall'attivazione della sorgente) eventuali rumori indesiderati possono influire negativamente sulla misura. Al termine appare la schermata con i risultati:



Il fonometro fornisce una descrizione completa della misura appena eseguita sia in forma di tabella che in forma grafica. Si veda più avanti il paragrafo dedicato alla descrizione dell'analisi dei risultati "*Tempo di riverbero - Analisi dei risultati*".

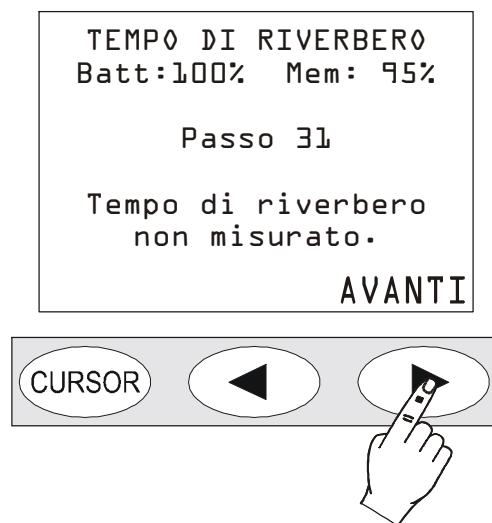
Premendo il tasto **PROG** si accede al passo successivo nel quale si ha la possibilità di salvare i dati (tasto *SALVA*), rivedere i valori calcolati (tasto *VALORI*) o concludere l'attuale sessione di misura per iniziarne una nuova (tasto *ESCI*).



**Per ripristinare il normale funzionamento del fonometro ed uscire definitivamente dal programma di misura del tempo di riverbero, spegnere lo strumento (tasto ON/OFF) e riaccenderlo.**

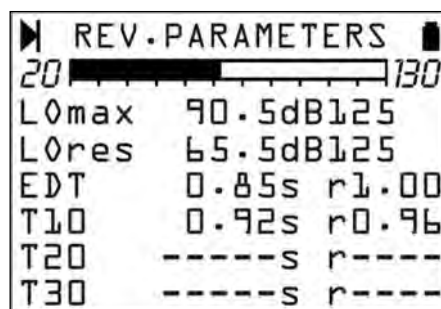
***Misure non eseguite correttamente***

Se durante l'acquisizione non viene rispettato il tempo indicato di 5 secondi per la generazione del rumore impulsivo o per lo spegnimento della sorgente continua, la procedura ha termine e viene fornito il messaggio seguente:



Lo stesso messaggio viene fornito se il rapporto segnale/rumore tra il segnale generato ed il rumore di fondo non è sufficiente.

Se invece il rapporto segnale/rumore tra il segnale generato ed il rumore di fondo non è sufficiente per poter effettuare alcune stime del tempo di riverbero, uno o più risultati possono mancare come riportato nella schermata che segue.

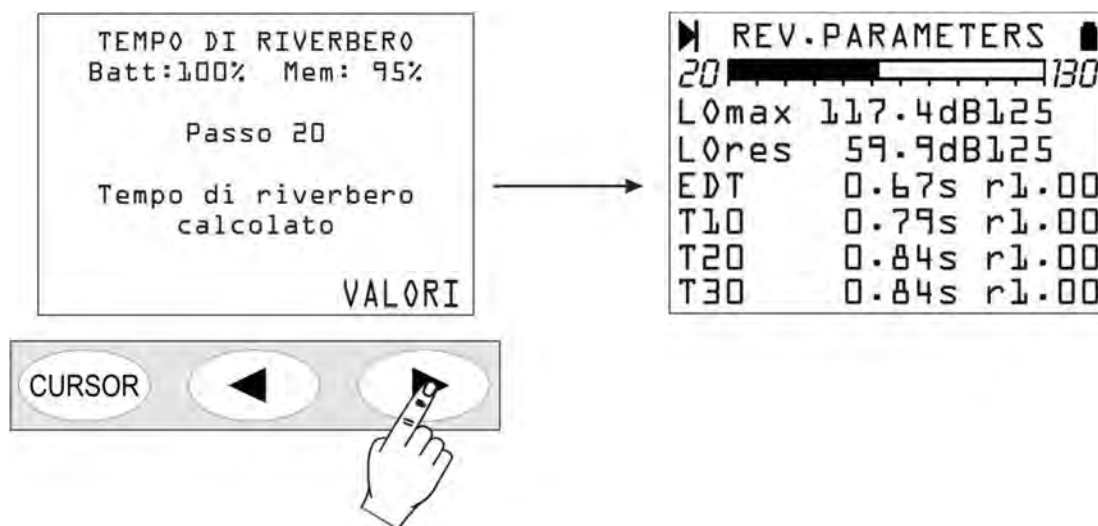


### Tempo di riverbero - Analisi dei risultati

Al termine della misura il fonometro, come indicato in precedenza, fornisce i risultati sia in forma di tabella che in forma grafica.

### Parametri

La tabella appare alla pressione del tasto destro del tastierino in corrispondenza della scritta **VALORI**.

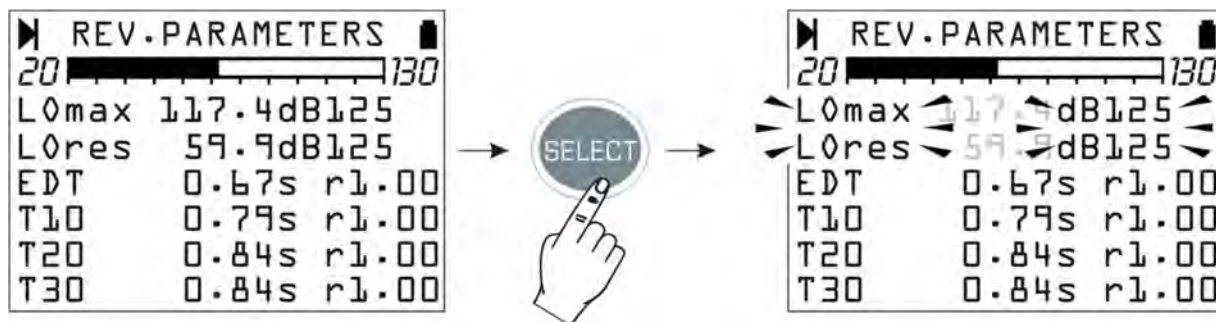


Dall'alto in basso sono riportati il livello massimo di pressione sonora per banda d'ottava raggiunto dalla sorgente di rumore (LO max), il livello di pressione sonora per banda d'ottava del rumore di fondo (LO res), il tempo di primo decadimento EDT e le tre stime del tempo di riverbero T<sub>10</sub>, T<sub>20</sub> e T<sub>30</sub> ciascuno con il relativo coefficiente di correlazione "r".

I risultati della misura si riferiscono alla variabile indicata nelle prime due righe della tabella (LOmax e LOres nella figura sopra). Per visualizzare un'altra variabile premere il tasto SELECT: la variabile attuale inizia a lampeggiare. Con i tasti freccia scegliere la nuova variabile tra quelle disponibili:

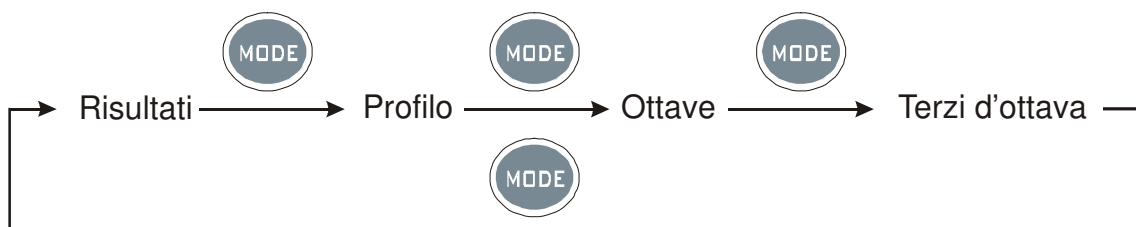
- il livello di pressione sonora per banda d'ottava da 125Hz a 8kHz (LO)
- il livello di pressione sonora per banda di terzo d'ottava da 100Hz a 10kHz (LTO).

Premendo la freccia destra è possibile selezionare la frequenza centrale del filtro per modificarne il valore. Premendo la freccia sinistra si ritorna alla selezione del parametro da visualizzare.



Confermare la selezione con il tasto ENTER: il fonometro calcola i nuovi valori e aggiorna la schermata dei risultati.

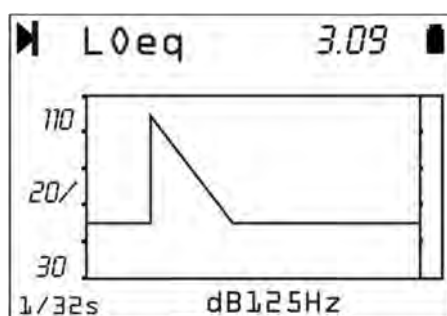
Per passare dalla tabella dei risultati ai grafici (profilo, ottave e terzi d'ottava) si preme ripetutamente il tasto **MODE**: come indicato di seguito, con la pressione del tasto si passa dalla schermata dei risultati al profilo temporale agli spettri per ottave a quelli a terzi d'ottava (opzionale) per ritornare infine ai risultati.



### Profilo

La schermata **Profilo** riporta l'andamento temporale del livello sonoro acquisito. Se si è utilizzato il metodo della sorgente impulsiva il grafico rappresenta l'integrale di Schroeder del livello sonoro acquisito.

L'immagine che segue riporta un esempio di profilo temporale ottenuto con il metodo della sorgente impulsiva.



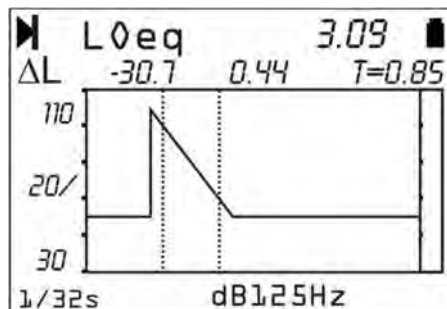
Il numero sulla destra in alto (3.09) indica il tempo in secondi in corrispondenza del margine destro della finestra visibile del grafico. Quando i cursori **non** sono attivi, con le frecce del tastierino si può spostare il grafico orizzontalmente sull'asse dei tempi. Questa funzione è utile per esaminare il profilo di decadimento quando si esegue la misura in ambienti ampi, dove il tempo di riverbero risulta maggiore di tre secondi.

In basso sono riportati il tempo di integrazione (fisso a 1/32s) e la frequenza centrale del filtro a banda percentuale costante.

Il parametro visualizzato (L0eq a 125Hz nell'esempio riportato in figura) è lo stesso parametro cui si riferisce la schermata dei risultati. Anche in questa si può selezionare, mediante il tasto SELECT

e le frecce, il parametro da visualizzare. Alla conferma con il tasto ENTER, viene aggiornato il profilo e anche i valori visualizzati nella schermata dei risultati.

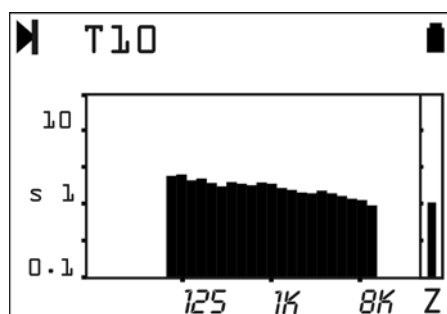
Il profilo può essere analizzato utilizzando i **cursori**. Premendo ripetutamente il tasto CURSOR si attivano in successione il cursore **L1** poi, alla seconda pressione del tasto, il cursore **L2** ed infine i due cursori **ΔL**. Il cursore selezionato lampeggia ed i relativi dati appaiono sul display nella seconda riga in alto. Quando sono attivi singolarmente (L1 o L2), il display fornisce il livello di rumore ed il corrispondente tempo in secondi. Quando sono attivi entrambi in "tracking" (in coppia), la seconda riga del display riporta nell'ordine la differenza  $\Delta L = L2 - L1$  dei livelli di rumore, l'intervallo di tempo tra L1 ed L2 e la stima del tempo di riverbero calcolata interpolando la porzione di curva compresa tra L1 ed L2.



### **Tempo di riverbero per ottave e per terzi d'ottava (opzione "Terzi d'ottava")**

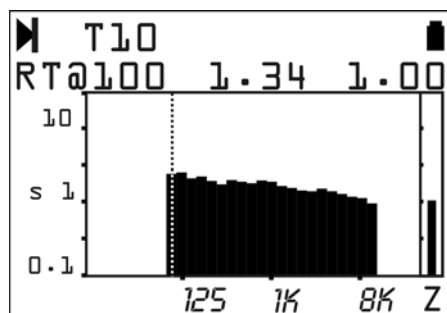
Dalla schermata del profilo temporale si passa a quella con le stime dei tempi di riverbero per bande d'ottava premendo il tasto **MODE** una volta. Premendo una seconda volta il tasto **MODE** si visualizzano le stime per bande di terzo d'ottava.

Lo spettro per ottave riporta i tempi di riverbero  $T_{10}$ ,  $T_{20}$ ,  $T_{30}$  ed il tempo di primo decadimento EDT per ciascuna componente dello spettro da 125 Hz ad 8 kHz, lo spettro per terzi d'ottava da 100 Hz a 10 kHz. I tempi sono espressi in secondi.



La selezione della variabile ( $T_{10}$ ,  $T_{20}$ ,  $T_{30}$  oppure EDT) si effettua, come al solito, con il tasto **SELECT** e le frecce: alla conferma con il tasto **ENTER**, la schermata viene aggiornata presentando i nuovi risultati.

Il tasto **CURSOR** attiva i cursori: vengono riportati, in corrispondenza della componente selezionata sul grafico dal cursore lampeggiante (RT@100 Hz nell'esempio che segue), la stima del tempo di riverbero ed il relativo coefficiente di correlazione.



### **Visualizzazione e stampa dei risultati**

L'insieme dei risultati ottenuti con l'analisi del tempo di riverbero può essere inviata ad un PC, collegato allo strumento tramite l'apposito cavo seriale fornito in dotazione. Per la ricezione dei dati si può utilizzare il software HyperTerminal o un programma equivalente.

Oltre ai valori acquisiti in forma di tabella, vengono riportate le caratteristiche principali del fonometro e le condizioni di misura.

Un'analisi più approfondita dei risultati ottenuti può essere fatta tramite il software **NoiseStudio** fornito in dotazione con il fonometro. Questo software è in grado di visualizzare, elaborare, stampare ed esportare i dati memorizzati con il comando **SALVA** (tasto **PROG** >> tasto **SALVA**) del fonometro sia sottoforma di tabelle che di grafici 2D e 3D.

Si rinvia all'Help in linea del programma per i dettagli.

**Importante:** con l'operazione di salvataggio (tasto **SALVA**), la sessione corrente di misura viene chiusa ed il fonometro viene predisposto per una eventuale nuova sessione. È possibile rivedere, direttamente sul display del fonometro, le sessioni di misura salvate attraverso la funzione *Navigatore* (tasto **PROG** >> Navigatore) con alcune limitazioni: rispetto a quando la sessione è ancora aperta, **non sono visualizzabili le schermate dei risultati e del profilo temporale**. Per visualizzare le diverse stime (EDT,  $T_{10}$ ,  $T_{20}$  e  $T_{30}$ ) del tempo di riverbero per bande d'ottava e di terzo d'ottava basta premere ripetutamente il tasto **MODE**.

La stampa diretta con il tasto **PRINT** è attiva anche per le sessioni salvate e fornisce gli stessi dati.

## AGGIORNAMENTO DEL FIRMWARE

Il firmware, ovvero il programma che gestisce tutte le funzioni dello strumento, può essere aggiornato trasferendo il file da un PC all'HD2110L tramite la porta seriale. In questo modo è possibile aggiornare la funzionalità dello strumento. I file di aggiornamento sono disponibili presso i rivenditori autorizzati.

Per procedere all'aggiornamento, si utilizza la funzione "Aggiornamento firmware" del programma NoiseStudio. Si veda il manuale in linea "NoiseStudio Handbook" per i dettagli.


## AGGIORNAMENTO DELLE OPZIONI

Le opzioni dello strumento (**HD2110.O1** "Terzi d'ottava" e **HD2110.O4** "Tempo di riverbero") possono essere acquistate in un secondo tempo ed attivate direttamente dall'utente tramite il software Noise Studio. In alternativa è possibile inviare lo strumento a Delta Ohm s.r.l. per l'aggiornamento.

All'atto dell'acquisto dell'opzione, viene fornito un codice seriale, abbinato allo strumento, necessario per l'aggiornamento. Per procedere, si utilizza la funzione "Aggiornamento opzioni" del programma NoiseStudio. Si veda il manuale in linea "NoiseStudio Handbook" per i dettagli.

*Nota:* l'opzione **HD2110.O1** "Terzi d'ottava" richiede la taratura del banco filtri e può essere di norma installata solo presso Delta Ohm.

## SEGNALAZIONE DI BATTERIA SCARICA E SOSTITUZIONE DELLE BATTERIE

Il simbolo di batteria  posto nell'angolo in alto a destra sul display fornisce costantemente lo stato di carica delle batterie dello strumento. A mano a mano che le batterie si scaricano, il simbolo progressivamente si "svuota" ...



... quando la tensione delle batterie raggiunge il valore minimo per un corretto funzionamento, il simbolo lampeggia. In questa condizione rimangono circa 5 minuti di autonomia e si consiglia di cambiare le batterie quanto prima.

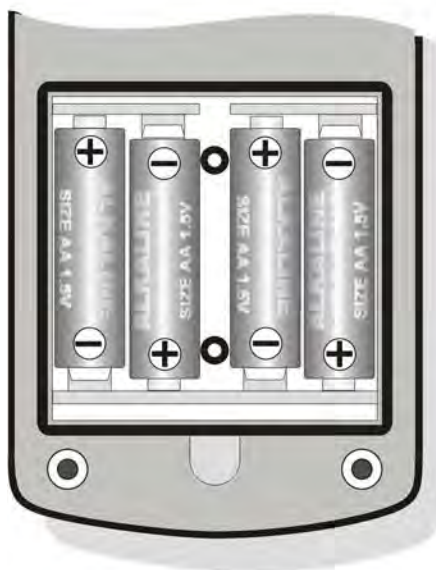
**Se si continua ad utilizzare lo strumento, la tensione della batteria scende ulteriormente e lo strumento non è più in grado di assicurare una misura corretta; l'eventuale registrazione dei dati viene automaticamente interrotta ed infine viene fermata anche l'acquisizione e lo strumento viene posto in modalità STOP. Sotto un certo livello lo strumento si spegne automaticamente. I dati in memoria permangono. Sotto un certo livello di carica delle batterie non sarà più possibile accendere lo strumento.**

Il livello di carica delle batterie è disponibile nella schermata principale del menu ed in quella dei programmi, espresso in valore percentuale. Vi si accede premendo i tasti MENU o PROG. Quando il livello viene indicato con 0% rimangono circa 5 minuti di autonomia.

Il simbolo di batteria prende la forma di una spina di rete quando viene collegato l'alimentatore esterno.

**Nota:** il simbolo di batteria lampeggia anche quando è disinserito l'auto-spegnimento automatico (AutoPowerOFF = OFF).

Per sostituire la batteria spegnere lo strumento quindi svitare in senso antiorario le due viti di chiusura del coperchio del vano batterie. Dopo la sostituzione delle batterie (4 batterie alcaline da 1.5V - tipo AA) richiudere il coperchio avvitando le due viti in senso orario. Controllare data ed ora dopo la sostituzione delle batterie. Se per sostituire le batterie si impiegano meno di due minuti non dovrebbe essere necessario effettuare aggiustamenti all'orologio.





In alternativa alle batterie alcaline è possibile utilizzare batterie ricaricabili. Le batterie con minore capacità presentano in genere una maggiore impedenza, causando un peggioramento del rumore elettrico generato dal fonometro, con ripercussioni sulla dinamica di misura. Sono pertanto sconsigliate le batterie zinco-carbone e le ricaricabili NiCd.

#### **AVVERTENZA SULL'USO DELLE BATTERIE**

- Se lo strumento non viene utilizzato per un lungo periodo bisogna togliere le batterie.
- Se le batterie sono scariche, bisogna sostituirle immediatamente.
- Evitare perdite di liquido da parte delle batterie.
- Utilizzare batterie stagne e di buona qualità, possibilmente alcaline.
- Se lo strumento non dovesse accendersi dopo il cambio delle batterie:
  - Rimuovere una delle batterie
  - Attendere almeno 5 minuti per consentire una scarica completa dei circuiti interni del fonometro
  - Inserire la batteria mancante. Con batterie cariche lo strumento dovrebbe accendersi automaticamente.

#### **MAGAZZINAGGIO DELLO STRUMENTO**

Condizioni di magazzinaggio dello strumento:

- Temperatura: -25...+70°C.
- Umidità: meno di 90% U.R. non condensante.
- Nel magazzinaggio evitare i punti dove:
  1. L'umidità è alta.
  2. Lo strumento è esposto all'irraggiamento diretto del sole.
  3. Lo strumento è esposto ad una sorgente di alta temperatura.
  4. Sono presenti forti vibrazioni.
  5. C'è vapore, sale e/o gas corrosivo.

L'involucro dello strumento è in materiale plastico ABS e la fascia di protezione in gomma: non usare solventi per la loro pulizia.

## INTERFACCIA SERIALE

Lo strumento è dotato di una versatile interfaccia seriale con doppio protocollo: RS-232C ed USB. Le impostazioni dell'interfaccia dipendono dalla voce "MENU >> Generale >> Input/Output >> Disp. Seriale":

- **PRINTER:** connessione con interfaccia RS232 della stampante seriale portatile
- **MODEM:** connessione con interfaccia RS232 ad un modem
- **RS232:** connessione con interfaccia RS232 ad un PC dotato di porta fisica di tipo COM
- **USB:** connessione con interfaccia USB ad un PC su cui sia stato installato l'apposito driver VCOM.

L'impostazione RS232 permette di collegare il fonometro ad una porta fisica di tipo COM di un PC. Questa connessione non necessita di particolari programmi per il suo funzionamento, che è garantito dalla comune architettura dei PC dotati di porte RS232 (COM). La velocità massima di trasferimento dei dati è, in questo caso, limitata a 115200 baud.

Negli ultimi anni, per andare incontro alle esigenze delle nuove periferiche audio e video, è stato adottato lo standard USB per il trasferimento seriale delle informazioni. Recentemente molti produttori di PC non mettono più a disposizione porte di tipo COM, che vengono sostituite generalmente da porte di tipo USB. La connessione avviene a quattro fili, due sono dedicati al trasferimento dell'informazione, mentre gli altri due sono dedicati all'alimentazione. Per quanto riguarda il trasferimento dei dati, le maggiori differenze, rispetto all'interfaccia RS232 sono:

- il trasferimento avviene in modalità simplex, cioè non è possibile effettuare simultaneamente un trasferimento in entrambe le direzioni
- i dati vengono trasferiti sotto forma di pacchetti
- il tempo del trasferimento viene deciso da una sola delle due unità (il master)
- la velocità del trasferimento è fissa a 1.5Mbit/s, 12Mbit/s oppure 480Mbit/s secondo lo standard USB ed il tipo di dispositivo collegato.

I due dispositivi collegati tramite interfaccia USB vengono identificati come master e slave. Il master fornisce alimentazione allo slave e decide il senso ed la temporizzazione del trasferimento.

L'interfaccia USB del fonometro si comporta come uno slave e deve pertanto essere connessa ad un master USB che fornisca la necessaria alimentazione e che gestisca la comunicazione.

In dotazione al fonometro HD2110L viene fornito a scelta un cavo di collegamento seriale per PC con porte tipo COM (codice **HD2110RS**) oppure USB (codice **HD2110USB**).

Il cavo **HD2110RS** è di tipo *null-modem* con connettore femmina 9 poli sub D. Il cavo **HD2110USB** è dotato di connettore USB tipo A. Su richiesta è fornibile il cavo di collegamento per modem oppure stampante (DCE) con connettore maschio rispettivamente 25 poli sub D (codice **HD2110CSM**) oppure 9 poli sub D (codice **HD2110CSP**).

Quando la voce "MENU >> Generale >> Input/Output >> Disp. Seriale" viene impostata su "PRINTER", "MODEM" oppure "RS232", sul connettore ad 8 pin tipo M12 maschio dello strumento sono connessi i seguenti segnali:

Pin	Direzione	Segnale	Descrizione
1	Input	CTS	Clear to send
2	Output	DTE	DTE ready
3	Input	DCE - CD	DCE ready – Carrier detect
4	Output	VDD	Alimentazione 3.3V
5	Input	RD	Canale dati in ricezione
6	Output	RTS	Request to send
7	Output	TD	Canale dati in trasmissione
8	-	GND	Massa di riferimento

Sul connettore a 9 pin sub D maschio del cavo HD2110RS sono connessi i seguenti segnali:

Pin	Direzione	Segnale	Descrizione
1	DCE >> HD2110L	DCE - CD	DCE ready – Carrier detect
2	DCE >> HD2110L	RD	Canale dati in ricezione
3	HD2110L >> DCE	TD	Canale dati in trasmissione
4	HD2110L >> DCE	DTE	DTE ready
5	-	GND	Massa di riferimento
7	HD2110L >> DCE	RTS	Request to send
8	DCE >> HD2110L	CTS	Clear to send
9	HD2110L >> DCE	VDD	Alimentazione 3.3V

Quando la voce “MENU >> Generale >> Input/Output >> Disp. Seriale” viene impostata su “USB”, sul connettore ad 8 pin tipo M12 maschio dello strumento sono connessi i seguenti segnali:

Pin	Direzione	Segnale	Descrizione
2	I/O	DP	Dato +
4	I/O	DM	Dato -
6	Input	VBUS	Alimentazione 5V
8	-	GND	Massa di riferimento

**Quando la connessione avviene con interfaccia RS232 ad un terminale attivo (DCE attivo). l'autospegnimento del fonometro risulta disabilitato e non è possibile spegnere lo strumento.** Nel caso lo strumento sia spento, la connessione ad un terminale attivo (DCE attivo) comporterà l'accensione automatica.

I parametri di trasmissione seriale standard dello strumento sono:

- Baud rate 38400 baud
- Parità None
- N. bit 8
- Stop bit 1
- Protocollo Hardware.

È possibile cambiare la velocità di trasmissione dati agendo sul parametro "*Baudrate*" all'interno del menu - (MENU >> Generale >> Input/Output >> BaudRate - vedere pag. 54). I baud rate possibili sono: 230400, 115200, 57600, 38400, 19200, 9600, 4800, 2400, 1200, 600, 300. Gli altri parametri di trasmissione sono fissi.

L'HD2110L è dotato di un completo set di comandi da inviare tramite la porta seriale di un PC.

## PROTOCOLLO DI COMUNICAZIONE

I comandi sono costituiti da stringhe ASCII di lunghezza variabile terminate da CR-LF. Lo strumento fornisce sempre una risposta, in seguito alla ricezione di un comando; se il comando non viene accettato, la stringa di risposta è sempre NAK-CR-LF. È possibile disattivare la risposta, quando non sia esplicitamente richiesta dal comando, agendo sul parametro di setup VERBOSE (vedi paragrafo SET).

I comandi sono divisi in 5 gruppi, come illustrato nella seguente tabella.

Gruppo	N. comandi	Descrizione
SET	52	SETUP: Configurazione parametri
KEY	22	KEY: Simulazione tastiera
STT	4	STATUS: Stato strumento
DMP	6	DUMP: Scarico memoria

Ciascun gruppo contiene un certo numero di comandi. Ciascun comando è identificato da una stringa specifica. La sintassi generica di un comando è la seguente:

<gruppo>:<comando>:<valore>:CR-LF

Es.: “SET:INPUT\_GAIN:10\r\n”

imposta il parametro INPUT\_GAIN al valore 10dB (vedi paragrafo SET).

Vengono riconosciuti solo i caratteri maiuscoli. Ciascun token può essere abbreviato al numero minimo di caratteri che lo identifichi univocamente. L'esempio si può abbreviare così:

“SET:INP:10\r\n”

Vengono forniti di seguito i possibili formati dei comandi.

A3 - SET:INTEGRATION\_TIME:<{SS,MM,HH}>:<valore>CRLF

A4 - SET:TIME:<hh>:<mm>CRLF

A5 - SET:DATE:<aaaa>:<mm>:<gg>CRLF

A6 - SET:x\_SLM\_PARAMETER:<Sigla parametro>:<Attributo parametro>CRLF

A7 - SET:PROFILE\_PARAMETER:<Sigla parametro>:<Attributo parametro>CRLF

A8 - SET:<COMANDO>:<valore>CRLF

A10 - SET:<COMANDO>:?CRLF

C1 - KEY:<COMANDO>CRLF

C2 - KEY:<COMANDO>:<valore>CRLF

D1 - STT:<COMANDO>:<OPZIONE>CRLF

E1 - DMP:<COMANDO>CRLF

Inserendo opportunamente il carattere “?” nella stringa è possibile ottenere sia un aiuto alla compilazione del comando desiderato sia lo stato attuale dei parametri di configurazione dello strumento. Vengono forniti di seguito i formati dei comandi che utilizzano il carattere “?”.

0	?CRLF	Fornisce la lista dei gruppi di comandi
A9	SET:?CRLF	Fornisce la lista dei comandi del gruppo SET
A10	SET:<COMANDO>:?CRLF	Fornisce lo stato attuale del comando specificato
C3	KEY:?CRLF	Fornisce la lista dei comandi del gruppo KEY
D2	STT:?CRLF	Fornisce la lista dei comandi del gruppo STT
D3	STT:<COMANDO>:?CRLF	Fornisce lo stato attuale del comando specificato
E2	DMP:?CRLF	Fornisce la lista dei comandi del gruppo DMP

## GRUPPO SET (SETUP)

La tabella seguente riporta la lista dei comandi del gruppo SET (SETUP).

Comando	Formato	Descrizione
INSTR_MODEL	A10	Modello strumento - NON MODIFICABILE
INSTR_NUMBER	A10	Numero di serie strumento - NON MODIFICABILE
INSTR_VERSION	A10	Versione strumento - NON MODIFICABILE
MIC_MODEL	A10	Modello microfono – NON MODIFICABILE
MIC_NUMBER	A10	Numero di serie microfono – NON MODIFICABILE
MIC_TYPE	A10	Tipo microfono – NON MODIFICABILE
CLASS	A10	Classe di tolleranza – NON MODIFICABILE
MEM_SIZE	A10	Dimensione memoria – NON MODIFICABILE
OPTIONS	A10	Opzioni firmware – NON MODIFICABILE
EXT_RNG	A10	Dinamica estesa – NON MODIFICABILE
TIME	A4	Ora (hh:mm)
DATE	A5	Data (aaaa/mm/gg)
DISP_CONTRAST	A8	Contrasto display (3÷9, default: 5)
AUTO_POWEROFF	A8	Autospegnimento strumento (ON/OFF, default: ON)
IN_CHANNEL	A8	Canali di ingresso
TRG_OUTPUT	A8	Sorgente uscita TRGOUT
TRG_OUT_POLARITY	A8	Polarità uscita TRGOUT (POS/NEG)
BAUD_RATE	A8	Baud rate RS232
DEVICE	A8	Dispositivo seriale
INPUT_GAIN	A8	Amplificazione d'ingresso
PROFILE_TIME	A8	Tempo di profilo
SPECTTRUM_TIME	A8	Tempo di profilo spettro
INTEGRATION_TIME	A3	Tempo di integrazione in s, m (1÷59) od h (1÷99)
REPORT_TIME	A8	Intervallo di rapporto
ERASE_TIME	A8	Intervallo di cancellazione
INT_MODE	A8	Modo di integrazione
EXCHANGE_RATE	A8	Exchange rate in dB (3÷5)
DOSE_THRESHOLD	A8	Threshold per Dose in dB (0÷140)
CRITERION_LEVEL	A8	Criterion level in dB (60÷140)
VERBOSE	A8	Acknowledge (ON/OFF, default: ON). Sempre ON all'accensione.
OVERLOAD_LEVEL	A8	Soglia di sovraccarico in dB (20÷200)
INT_MODE	A8	Modalità di integrazione
1_PERC_LEVEL	A8	Livello percentile 1 in % (1 ÷ 99, default: 1)
2_PERC_LEVEL	A8	Livello percentile 2 in % (1 ÷ 99, default: 10)
3_PERC_LEVEL	A8	Livello percentile 3 in % (1 ÷ 99, default: 50)
4_PERC_LEVEL	A8	Livello percentile 4 in % (1 ÷ 99, default: 90)
1_SLM_PARAMETER	A6	Parametro 1 SLM (vedi lista parametri)
2_SLM_PARAMETER	A6	Parametro 2 SLM (vedi lista parametri)
3_SLM_PARAMETER	A6	Parametro 3 SLM (vedi lista parametri)
4_SLM_PARAMETER	A6	Parametro 4 SLM (vedi lista parametri)
5_SLM_PARAMETER	A6	Parametro 5 SLM (vedi lista parametri)
PROFILE_PARAMETER	A7	Parametro profilo (vedi lista parametri)
SPECT_AUX_POND	A8	Ponderazione ausiliaria spettro
SPECT_TYPE	A8	Tipo spettro
SPECT_MEAN	A8	Media spettro

Comando	Formato	Descrizione
SPECT_MEAN_WEIGHT	A8	Peso media spettro
SPECT_SHIFT	A8	Spostamento frequenze centrali (ON/OFF, default:OFF)
FFT_BAND	A8	Banda FFT
STAT_PARAMETER	A6	Parametro per analisi statistica
EVN_TRIGGER	A8	Sorgente trigger d'evento
EVN_TRGEXT_POLARITY	A8	Polarità segnale trigger esterno TRGIN (POS/NEG)
EVN_ON_LEVEL	A8	Livello di attivazione trigger in dB (10 ÷ 140, default: 90)
EVN_OFF_LEVEL	A8	Livello di disattivazione trigger in dB (10 ÷ 140, default: 60)
EVN_POLARITY	A8	Polarità livello di trigger (POS/NEG)
EVN_ON_TIME	A8	Ritardo di attivazione del trigger in secondi da 0 a 10
EVN_OFF_TIME	A8	Ritardo di disattivazione del trigger in secondi da 0 a 255
EVN_PRINT	A8	Attiva la stampa di un avviso d'evento
AUTO_STORE	A8	Abilita funzione Auto-Store (ON/OFF, default: OFF)
LEQ_SHORT_DLOGGER	A8	Registrazione continua parametro Leq Short su 1/32s (ON/OFF, default: OFF)
PROF_DLOGGER	A8	Registrazione continua parametro Profilo (ON/OFF, default: OFF)
SLM_DLOGGER	A8	Registrazione continua parametri SLM (ON/OFF, default: OFF)
OCT_DLOGGER	A8	Registrazione continua spettro Ottave (ON/OFF, default: OFF)
TOCT_DLOGGER	A8	Registrazione continua spettro Terzi d'Ottava (ON/OFF, default: OFF)
FFT_DLOGGER	A8	Registrazione continua spettro FFT (ON/OFF, default: OFF)
1_REP_PARAMETER	A6	Parametro 1 REPORT (vedi lista parametri)
2_REP_PARAMETER	A6	Parametro 2 REPORT (vedi lista parametri)
3_REP_PARAMETER	A6	Parametro 3 REPORT (vedi lista parametri)
4_REP_PARAMETER	A6	Parametro 4 REPORT (vedi lista parametri)
5_REP_PARAMETER	A6	Parametro 5 REPORT (vedi lista parametri)
REP_PARAMETERS	A8	Registrazione parametri REPORT 1-5 (ON/OFF, default: OFF)
REP_OCTAVE	A8	Registrazione spettro Ottave (ON/OFF, default: OFF)
REP_TOCTAVE	A8	Registrazione spettro Terzi d'ottava (ON/OFF, default: OFF)
REP_STATISTICS	A8	Registrazione statistica (ON/OFF, default: OFF)
1_EVN_PARAMETER	A6	Parametro 1 EVENTO (vedi lista parametri)
2_EVN_PARAMETER	A6	Parametro 2 EVENTO (vedi lista parametri)
3_EVN_PARAMETER	A6	Parametro 3 EVENTO (vedi lista parametri)
4_EVN_PARAMETER	A6	Parametro 4 EVENTO (vedi lista parametri)
5_EVN_PARAMETER	A6	Parametro 5 EVENTO (vedi lista parametri)
EVN_PARAMETERS	A8	Registrazione parametri EVENTO 1-5 (ON/OFF, default: OFF)
EVN_OCTAVE	A8	Registrazione spettro Ottave (ON/OFF, default: OFF)
EVN_TOCTAVE	A8	Registrazione spettro Terzi d'ottava (ON/OFF, default: OFF)
EVN_STATISTICS	A8	Registrazione statistica (ON/OFF, default: OFF)

Comando	Formato	Descrizione
CAL_LEVEL	A8	Livello del calibratore acustico in dB (90.0 ÷ 130.0, default: 94.0)
MIC_CORR	A8	Correzione per il campo acustico
WND_SHL_CORR	A10	Correzione per lo schermo antivento (OFF/SAV/WME, default: OFF)
AMB_MIC_CORR	A8	Correzione per le derive del microfono (ON/OFF, default: ON)
MIC_CT	A10	Deriva termica della sensibilità del microfono – NON MODIFICABILE
SEQ_TIMER	A3	Ritardo di acquisizione in s, m (1÷59) od h (1÷99)

Il valore che alcuni parametri possono assumere è riportato nella seguente tabella. In neretto è evidenziato il valore di default.

Parametro	Valore
IN_CHANNEL	<b>MIC</b>
	LINE
	DA
BAUD_RATE	300
	600
	1.2k
	2.4k
	4.8k
	9.6k
	19.2k
	<b>38.4k</b>
	57.6k
	115.2k
	230.4k
DEVICE	<b>RS232</b>
	MODEM
	USB
	PRINTER
INPUT_GAIN	0
	<b>10</b>
ERASE_TIME	<b>5s</b>
	10s
	30s
	60s
SPECT_POND	<b>Z</b>
	C
	A
SPECT_AUX_POND	<b>Z</b>
	C
	A
TRG_OUTPUT	<b>OFF</b>
	RUN
	EVN
FFT_BAND	<b>HF</b>
	MF
	LF

Parametro	Valore
SPECT_TYPE	<b>AVERAGE</b>
	MULTISP
	MAXIMUM
	MINIMUM
PROFILE_TIME	<b>0.125s</b>
	0.25s
	0.5s
	1s
	2s
	5s
	10s
	20s
	30s
	1m
	2m
	5m
	10m
	20m
	30m
	1h
SPECTRUM_TIME	<b>0.5s</b>
	1s
	2s
	5s
	10s
	20s
	30s
	1m
	2m
	5m
	10m
	20m
	30m
	1h
REPORT_TIME	<b>1s</b>
	2s
	5s
	10s
	20s
	30s
	1m
	2m
	5m
	10m
	20m
	30m
	1h
SPECT_MEAN	<b>LIN</b>
	EXP



Parametro	Valore
EVN_TRIGGER	<b>OFF</b>
	LEV
	EXT
	MAN
SPECT_MEAN_WEIGHT	<b>FAST</b>
	SLOW
MIC_CORR	<b>FF</b>
	RI
WND_SHL_CORR	<b>OFF</b>
	SAV
	WME
EVN_PRINT	<b>OFF</b>
	TAG

I parametri visualizzabili nelle modalità SLM e PROFILE sono selezionabili tra quelli delle liste seguenti:

*Modalità SLM:*

Parametro	Attributo	Descrizione
Lpk	Z o C	Livello di picco istantaneo ponderato Z o C
Lpkmx	Z o C	Livello massimo di picco
LeqS	Z, C o A	Livello equivalente breve ponderato Z, C o A
Leq	Z, C o A	Livello equivalente
LFp	Z, C o A	Livello di pressione sonora FAST
LSp	Z, C o A	Livello di pressione sonora SLOW
LIp	Z, C o A	Livello di pressione sonora IMPULSE
LFmx	Z, C o A	Livello massimo di pressione sonora FAST
LSmx	Z, C o A	Livello massimo di pressione sonora SLOW
LImx	Z, C o A	Livello massimo di pressione sonora IMPULSE
LFmn	Z, C o A	Livello minimo di pressione sonora FAST
LSmn	Z, C o A	Livello minimo di pressione sonora SLOW
LImn	Z, C o A	Livello minimo di pressione sonora IMPULSE
LeqI	A	Livello equivalente con costante di tempo Impulse
Mean	-	Media delle misure
SDev	-	Deviazione standard delle misure
LE	A	Livello di esposizione ponderato A (SEL)
EA	A	Esposizione sonora ponderata A (in Pa <sup>2</sup> h)
Dose	A	Dose ponderata A
Dose,d	A	Dose giornaliera ponderata A
L1	A	Livello percentile (calcolato sul livello di pressione FAST pond. A)
L2	A	Livello percentile
L3	A	Livello percentile
L4	A	Livello percentile
OL	-	Percentuale di tempo nel quale si è verificato un sovraccarico

*Modalità PROFILE:*

Parametro	Attributo	Descrizione
Lpkmx	Z, C	Livello massimo di picco ponderato Z o C
Leq	Z, C o A	Livello equivalente ponderato Z, C o A
LFmx	Z, C o A	Livello massimo di pressione sonora FAST
LSmx	Z, C o A	Livello massimo di pressione sonora SLOW
LImx	Z, C o A	Livello massimo di pressione sonora IMPULSE

LFmn	Z, C o A	Livello minimo di pressione sonora FAST
LSmn	Z, C o A	Livello minimo di pressione sonora SLOW
LImn	Z, C o A	Livello minimo di pressione sonora IMPULSE
LOeq	16Hz ...16kHz	Livello equivalente in banda d'ottava da 16Hz a 16kHz
LOFmx	16Hz ...16kHz	Livello massimo di pressione sonora FAST in banda d'ottava
LOSmx	16Hz ...16kHz	Livello massimo di pressione sonora SLOW in banda d'ottava
LOFmn	16Hz ...16kHz	Livello minimo di pressione sonora FAST in banda d'ottava
LOSmn	16Hz ...16kHz	Livello minimo di pressione sonora SLOW in banda d'ottava
LTOeq	16Hz ...20kHz	Livello equivalente continuo in banda di terzo d'ottava 16Hz ÷ 20kHz
LTOFmx	16Hz ...20kHz	Livello massimo di pressione sonora FAST in banda di terzo d'ottava
LTOSmx	16Hz ...20kHz	Livello massimo di pressione sonora SLOW in banda di terzo d'ottava
LTOFmn	16Hz ...20kHz	Livello minimo di pressione sonora FAST in banda di terzo d'ottava
LTOSmn	16Hz ...20kHz	Livello minimo di pressione sonora SLOW in banda di terzo d'ottava

Il parametro per l'analisi statistica è selezionabile tra i seguenti:

<b>Parametro</b>	<b>Attributo</b>	<b>Descrizione</b>
Lpk	Z, C	Livello di picco ponderato Z o C
Leq	Z, C o A	Livello equivalente ponderato Z, C o A
LFP	Z, C o A	Livello di pressione sonora FAST

L'attributo dei parametri visualizzabili nelle modalità SLM e PROFILE e del parametro per l'analisi statistica, indica la relativa ponderazione di frequenza.

I parametri integrati per le misure di rapporto sono selezionabili tra i seguenti:

<b>Parametro</b>	<b>Attributo</b>	<b>Descrizione</b>
Lpk	Z o C	Livello di picco istantaneo ponderato Z o C
Leq	Z, C o A	Livello equivalente
LFmx	Z, C o A	Livello massimo di pressione sonora FAST
LSmx	Z, C o A	Livello massimo di pressione sonora SLOW
LImx	Z, C o A	Livello massimo di pressione sonora IMPULSE
LFmn	Z, C o A	Livello minimo di pressione sonora FAST
LSmn	Z, C o A	Livello minimo di pressione sonora SLOW
LImn	Z, C o A	Livello minimo di pressione sonora IMPULSE
LE	A	Livello di esposizione ponderato A (SEL)
L1	A	Livello percentile (calcolato sul livello di pressione FAST pond. A)
L2	A	Livello percentile
L3	A	Livello percentile
L4	A	Livello percentile

I parametri integrati per le misure d'evento sono selezionabili tra i seguenti:

<b>Parametro</b>	<b>Attributo</b>	<b>Descrizione</b>
Lpk	Z o C	Livello di picco istantaneo ponderato Z o C
Leq	Z, C o A	Livello equivalente
LFmx	Z, C o A	Livello massimo di pressione sonora FAST
LSmx	Z, C o A	Livello massimo di pressione sonora SLOW
LImx	Z, C o A	Livello massimo di pressione sonora IMPULSE
LFmn	Z, C o A	Livello minimo di pressione sonora FAST
LSmn	Z, C o A	Livello minimo di pressione sonora SLOW
LImn	Z, C o A	Livello minimo di pressione sonora IMPULSE
LE	A	Livello di esposizione ponderato A (SEL)

## GRUPPO KEY

La tabella seguente riporta la lista dei comandi del gruppo KEY.

Comando	Formato	Descrizione
LEFT	C1	Tasto LEFT
MENU	C1	Tasto MENU
PRINT	C1	Tasto PRINT
PROG	C1	Tasto PROG
PAUSE	C1	Tasto PAUSE
RUN	C1	Tasto RUN
SELECT	C1	Tasto SELECT
UP	C1	Tasto UP
MODE	C1	Tasto MODE
RIGHT	C1	Tasto RIGHT
ENTER	C1	Tasto ENTER
DOWN	C1	Tasto DOWN
ALPHA	C1	Tasto ALPHA
HOLD	C1	Tasto HOLD
CURSOR	C1	Tasto CURSOR
CLEFT	C1	Tasto CURSOR LEFT
CRIGHT	C1	Tasto CURSOR RIGHT
SER_MON	C1	Simula la pressione per più di 2 sec del tasto PRINT
STORE	C1	Simula la pressione per più di 2 sec del tasto REC
DATA_LOG	C1	Tasto REC+RUN
PRN_VAL	C1	Tasto PRINT senza stampare l'intestazione
EXEC	C2	Esecuzione programmi

## GRUPPO STT (STATUS)

La tabella seguente riporta la lista dei comandi del gruppo STT (STATUS).

Comando	Descrizione
ACQUISITION	Controllo acquisizione
DISPLAY	Gestione display
MONITOR	Funzione Monitor via RS232
RECORDER	Gestione memorizzazione

Comando	Formato	Descrizione
HOLD	D1	Blocca aggiornamento display
UPDATE	D1	Sblocca aggiornamento display
PAUSE	D1	Misura in pausa
RUN	D1	Inizia misure
STOP	D1	Termina misure
CLEAR	D1	Azzera livelli misurati
CONTINUE	D1	Riprende a misurare
ERASE	D1	Cancella gli ultimi x secondi di misure
RECORD	D1	Inizia misure con memorizzazione

Il comando STT:ACQUISITION:? fornisce informazioni sullo stato dell'acquisizione come riportato nell'esempio seguente.

STT:ACQ:?

STT:ACQUISITION:STOP

BATTERY: 32%

MEMORY: 95.4%

DUMP TIME:00:00:01

TEMP. CORR.: 0.01dB

LAST CALIBRATION: 2003/07/31 08:37

I comandi STT:DISPLAY sono forniti nella seguente tabella.

Comando	Formato	Descrizione
SLM	D1	Visualizza in forma numerica 5 parametri a scelta
PROFILE	D1	Visualizza profilo temporale di un parametro a scelta
OCTAVE	D1	Visualizza lo spettro per bande d'ottava
THIRD_OCTAVE	D1	Visualizza lo spettro per bande di terzo d'ottava
PROB_DISTR.	D1	Visualizza la distribuzione di probabilità dei livelli
CUMUL_DISTR.	D1	Visualizza il grafico dei livelli percentili
FFT	D1	Visualizza lo spettro per banda fine (FFT)

Il comando STT:DISPLAY:? fornisce informazioni su quanto è attualmente visualizzato sul display del fonometro come riportato nell'esempio seguente.

STT:DIS:?

STT:DISPLAY:Mode:PROFILE

I comandi STT:MONITOR sono forniti nella seguente tabella.

Comando	Formato	Descrizione
ON	D1	Inizia la funzione Monitor
OFF	D1	Termina la funzione Monitor
MEASUREMENT	D1	Monitor
SLM	D1	Monitor a 5 parametri
PROFILE	D1	Monitor a parametro singolo
OCTAVE	D1	Monitor dello spettro per bande d'ottava
THIRD_OCTAVE	D1	Monitor per bande di terzo d'ottava
REPORT	D1	Monitor dei rapporti
EVENT	D1	Monitor degli eventi

I comandi STT:RECORDER sono forniti nella seguente tabella.

Comando	Formato	Descrizione
ON	D1	Inizia la funzione Registrazione
OFF	D1	Termina la funzione Registrazione
AUTO	D1	Attiva la funzione Auto-Store

I comandi STT:MONITOR:? ed STT:RECORDER:? forniscono informazioni sullo stato del monitor e della registrazione come riportato nell'esempio seguente.

STT:REC:?

STT:RECORDER:Measurement:SLM:PROFILE:OCTAVE:THIRD OCTAVE:OFF

## GRUPPO DMP (DUMP)

La tabella seguente riporta la lista dei comandi del gruppo DMP (DUMP).

Comando	Formato	Descrizione
ON	E1	Inizia lo scarico della memoria
OFF	E1	Termina lo scarico della memoria
NEXT_RECORD	E1	Richiede la trasmissione del prossimo record
RECORD	E1	Richiede la trasmissione del record corrente
CLEAR	E1	Cancella la memoria
BIN	E1	Inizia lo scarico della memoria in modalità binaria

La sequenza di scarico dati è la seguente:

- DMP:ON\r\n  
Se vi sono dati in memoria viene stampata l'intestazione che termina con la stringa "MEMORY DUMP\r\n"
- DMP:RECORD\r\n  
Stampa in formato binario il record precedente
- DMP:NEXT\_RECORD\r\n  
Stampa in formato binario il record corrente. Se è l'ultimo record stampa la stringa "END OF DUMP\r\n"
- DMP:CLEAR\r\n (opzionale)  
Azzera il contenuto della memoria
- DMP:OFF\r\n  
Termina lo scarico dati

Lo scarico dati può essere interrotto con la sequenza:

- DMP:OFF\r\n  
Termina lo scarico dati

Il fonometro HD2110L può essere controllato a distanza mediante una connessione via modem. Il software opzionale “Monitor” che fa parte del pacchetto NoiseStudio è in grado di gestire completamente il fonometro non solo attraverso una semplice connessione seriale tipo RS232 od USB ma anche attraverso la linea telefonica mediante l’impiego di due modem.

Mentre il modem che collega il PC alla linea telefonica non deve rispettare particolari requisiti, salvo il fatto di essere Hayes© compatibile, il modem collegato al fonometro HD2110L deve essere configurabile dal fonometro stesso e non deve intervenire con messaggi inopportuni durante la delicata fase del trasferimento di dati dal fonometro verso il PC. La Delta Ohm s.r.l. ha individuato sul mercato tre tipi di modem utilizzabili:

- Multitech MT2834ZDX
- Digicom SNM49
- Digicom Botticelli

**La connessione con questi modem è stata testata. Non si esclude che altri tipi di modem possano essere utilizzati ma, data la variabilità dei prodotti disponibili in commercio, non si fornisce assistenza per la connessione a modem di tipo diverso da quelli elencati.**

Il modem collegato al fonometro HD2110L deve essere configurato prima di essere utilizzato per il trasferimento dati. La configurazione viene eseguita in modo totalmente automatico dal fonometro stesso, seguendo i passi riportati nell’ordine.

1. Collegare il modem all’HD2110L per mezzo dell’apposito cavo **HD2110CSM** con connettore M12.
2. Collegare il modem alla linea telefonica ed all’alimentazione.
3. Accendere il modem.
4. Accendere il fonometro HD2110L.
5. Impostare la velocità di comunicazione almeno a 38400 baud accedendo al parametro MENU >> Generale >> Input/Output >> RS232 Baud Rate.
6. Impostare la connessione seriale su MODEM entrando al parametro MENU >> Generale >> Input/Output >> Disp. Seriale.

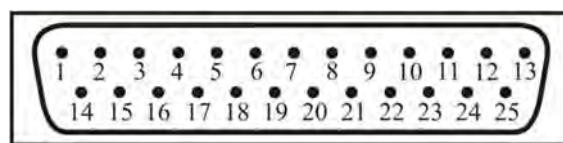
Lo strumento entra automaticamente in modalità di configurazione del modem. Al termine verrà data conferma dell’avvenuta configurazione con il messaggio “Modem Configurato.”. In caso di fallimento il fonometro tornerà automaticamente in modalità PC e sarà visualizzato il messaggio “Configuraz. fallita!”.

Quando il modem è stato configurato, è possibile effettuare la connessione remota lanciando il programma **NoiseStudio >> Monitor**. Eventuali cadute dell’alimentazione del modem non creano problemi in quanto la configurazione è stata memorizzata e viene caricata automaticamente all’accensione.

La tabella riporta le connessioni del cavo **HD2110CSM**:

Connettore M12 8 poli femmina	Connettore seriale DB25 poli maschio
1	5
2	20
3	8
4	22
5	3
6	4
7	2
8	7

**Connettori vista dall'esterno**



**DB25**



**M12**

**Fig. 37 - Numerazione dei connettori del cavo HD2110CSM**



## CONNESSIONE AD UNA STAMPANTE

Il fonometro HD2110L può stampare i livelli visualizzati in un formato compatibile con quello di una stampante portatile a 24 colonne come la HD40.1.

**Stampante e fonometro devono essere opportunamente configurati.**

### Configurazione del fonometro

1. Impostare il parametro MENU >> Generale >> Input/Output >> RS232 Baud Rate: 38.4k.
2. Impostare il parametro MENU >> Generale >> Input/Output >> Disp. Seriale: PRINTER.

### Configurazione della stampante

1. La velocità di comunicazione della stampante (Baud Rate) **dev'essere uguale** a quella impostata nel fonometro (38400 baud).
2. Bit di dati: 8.
3. Parità: nessuna.
4. Bit di stop: 1.
5. Controllo di flusso (Handshaking): Xon/Xoff.
6. Avanzamento carta automatico (Autofeed): abilitare.



Collegare il fonometro HD2110L alla stampante utilizzando l'apposito cavo **HD2110RS**. Seguire le istruzioni riportate nella documentazione fornita con la stampante.

## CONNESSIONE AD UN PC CON INTERFACCIA USB

Il fonometro HD2110L dotato di interfaccia USB, può essere connesso alla porta USB di un PC utilizzando il cavo HD2110USB.

La connessione tramite porta USB richiede l'installazione di un driver fornito con il software NoiseStudio.

**Prima di collegare il cavo USB al PC, installare il software NoiseStudio.**

**Con i sistemi operativi a partire da Windows 7 è necessario avviare il PC disabilitando la richiesta della firma dei driver, come spiegato nella guida all'installazione dei driver USB presente nel pacchetto di installazione del software Noise Studio.**

*Procedere nel seguente modo:*

1. **Impostare nello strumento la voce di menu “MENU >> Generale >> Input/Output >> Disp. Seriale” su “USB”. Confermare ed uscire dal menu.**
2. **Non collegare lo strumento alla porta USB finché non viene esplicitamente richiesto.**
3. Avviare il pacchetto di installazione del software **NoiseStudio** (nei sistemi operativi a partire da Windows Vista, fare un click con il tasto destro del mouse sul file “Autorun” e selezionare la voce “Esegui come amministratore”).
4. Dalla schermata iniziale del software NoiseStudio, fare un click sul tasto "Installazione driver USB" per avviare l'installazione dei driver USB.
5. Il programma verifica qual è la versione del sistema operativo e copia i relativi driver in una cartella temporanea del PC.
6. Al termine appare il messaggio che invita a connettere lo strumento alla porta USB: premere OK al messaggio e chiudere il software **NoiseStudio** premendo il tasto EXIT.
7. **Connettere lo strumento alla porta USB e accenderlo:** quando Windows riconosce il nuovo dispositivo, appare la segnalazione che è stato individuato un nuovo dispositivo.
8. Attendere alcuni secondi finché appare il messaggio che il nuovo hardware è installato e pronto all'uso.
9. L'operazione di installazione dei driver è conclusa: ad ogni successiva connessione lo strumento verrà riconosciuto automaticamente.

**Nota:** Se lo strumento viene connesso alla porta USB **prima di aver installato i driver**, nei sistemi con Windows 2000 e XP si apre la schermata per la “*Installazione guidata nuovo hardware*”. In Windows Vista e Windows 7 appare un errore di installazione nella “*Gestione dispositivi*”: in entrambe i casi, annullare l'operazione, scollegare lo strumento e seguire la procedura dall'inizio di questa guida.

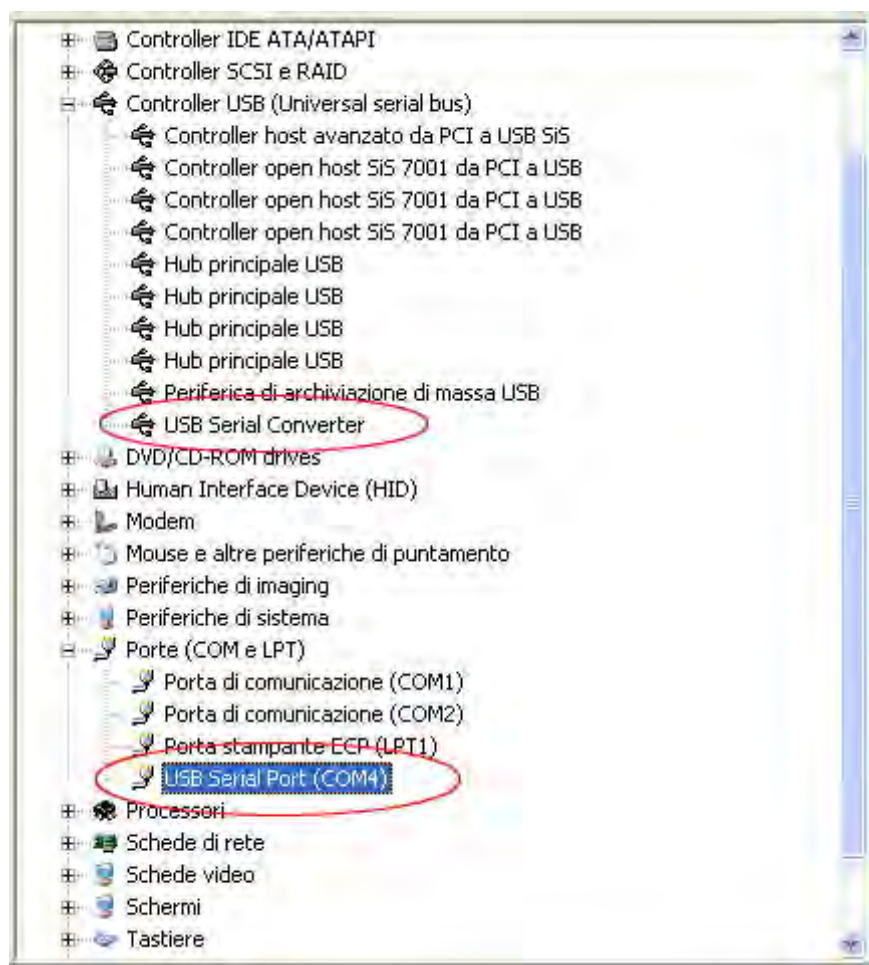
## VERIFICA DELLA CORRETTA INSTALLAZIONE DEI DRIVER

**Per verificare se tutta l'operazione si è conclusa correttamente**, aprire la sezione “Gestione periferiche” o “Gestione dispositivi” del pannello di controllo del PC.

Connettere lo strumento alla porta USB.

Devono apparire le voci:

- “*Porte (COM e LPT) >> USB Serial Port (COM#)*” . Il valore # è il numero assegnato alla porta seriale virtuale.
- “*Controller USB (Universal serial bus) >> USB serial converter*”



Quando il cavo USB viene scollegato, queste voci scompaiono e riappaiono appena lo si ricollega.

Nella documentazione fornita con pacchetto di installazione del software **NoiseStudio** è presente una versione dettagliata della guida per la gestione dei driver USB. Sono riportati inoltre i passaggi necessari per la rimozione dei driver USB.

## HD2010MC - LETTORE PER MEMORY CARD

Il lettore per memory card HD2010MC può essere impiegato con il fonometro provvisto di ingresso di collegamento seriale M12. I fonometri sprovvisti di ingresso M12 possono essere modificati per poter utilizzare il lettore di memory card HD2010MC.



### DESCRIZIONE DELL'INTERFACCIA PER MEMORY CARD HD2010MC

Il lettore HD2010MC permette di espandere la capacità di memoria del fonometro. Utilizzando schede tipo SD o MMC è possibile registrare per es. profili di livello sonoro ininterrottamente per molti mesi.

E' inoltre possibile scaricare nella scheda eventuali dati presenti nella memoria interna del fonometro; questa funzione può risultare utile nei casi in cui vi sia la necessità di scaricare le misure effettuate senza spostare il fonometro o senza dover utilizzare un PC portatile.

La capacità massima delle schede di memoria è pari a 2GB, la formattazione è di tipo FAT16.

Il lettore è alimentato direttamente dal fonometro e non richiede alimentazione esterna.

### PREPARAZIONE DI UNA NUOVA SCHEDA

Una scheda nuova va formattata prima dell'uso con l'apposita funzione del software Noise Studio. L'operazione di formattazione richiede che il PC, nel quale è installato il software Noise Studio, sia dotato di un lettore di Memory Card per PC (non fornito). Tipicamente tutti i PC portatili ed i PC da tavolo più recenti ne sono provvisti. In alternativa è possibile utilizzare un lettore esterno di memory card da connettere ad una porta USB.

#### **Per formattare una scheda, procedere nel seguente modo:**

1. Se il PC non è fornito di un lettore di schede SD/MMC, collegarne uno ad una porta USB del PC.
2. Avviare il software Noise Studio.
3. Premere il tasto *Gestione strumento* in Noise Studio: premere il tasto *Formattazione Memory Card*.
4. Selezionare il percorso della scheda da formattare e confermare con ENTER.
5. Alla schermata successiva assicurarsi che sia selezionato il parametro "File System = FAT" e premere AVVIA: la scheda viene formattata.

6. Quando appare il messaggio “Formattazione completata”, premere OK per confermare e CHIUDI per uscire.
7. Chiudere il software Noise Studio.
8. La formattazione è stata completata, la scheda è pronta per l’uso.

## CONNESSIONE DELL’HD2010MC AL FONOMETRO ED USO DELLA SCHEDA

### Per effettuare la connessione:

1. Spegner il fonometro.
2. Collegare l’HD2010MC al connettore M12 del fonometro avendo cura di avvitare la ghiera del connettore. **Nell’inserimento assicurarsi che la freccia stampata sul corpo del lettore sia rivolta verso l’alto.** Il lettore va collegato al fonometro in posizione verticale.



3. Inserire la scheda di memoria nell’interfaccia HD2010MC.
4. Accendere il fonometro ed impostare la voce “MENU >> Generale >> Input/Output >> Disp. Seriale” su “MC”.
5. Il fonometro esegue l’identificazione del dispositivo. Il display del fonometro visualizza “MC connessa” e la dimensione di memoria ancora disponibile. Il LED sul lettore di schede si accende per segnalare l’avvenuta connessione.
6. Nel caso il fonometro visualizzasse “Connessione fallita”, controllare con attenzione l’inserimento della scheda di memoria e del connettore del lettore.

**Quando l’interfaccia HD2010MC è connessa al fonometro, qualunque registrazione viene automaticamente inviata alla scheda di memoria anziché alla memoria interna del fonometro.**

Durante la registrazione, il LED sul corpo del lettore lampeggia alla ricezione di ogni pacchetto dati.

Nel caso la memoria sia stata tutta utilizzata, la registrazione si interrompe.

### Per scollegare l’interfaccia HD2010MC dal fonometro:

1. Spegner il fonometro
2. Scollegare l’interfaccia HD2010MC

**NOTA: Non sfilare la scheda di memoria dall’interfaccia con fonometro acceso e interfaccia collegata pena la perdita di tutti i dati.**

**Per sostituire la scheda di memoria, spegnere il fonometro.**

### **Per disabilitare temporaneamente l'interfaccia HD2010MC:**

Impostare la voce "MENU >> Generale >> Input/Output >> Disp. Seriale" su un dispositivo diverso da MC.

Per ripristinare il lettore, impostare la stessa voce di menu su "MC".

### **PER UTILIZZARE I DATI DIRETTAMENTE DA PC**

Per leggere e copiare i file dalla scheda di memoria ad un PC, utilizzare un lettore di schede di memoria per PC: la scheda verrà vista come periferica esterna di memorizzazione di massa.

Non scrivere, cancellare o modificare i file attraverso il PC.

Per cancellare la scheda di memoria, usare la funzione di formattazione (si veda il paragrafo "*Preparazione di una nuova scheda*").

### **TRASFERIMENTO DEI DATI DAL FONOMETRO ALLA SCHEDA DI MEMORIA**

Per copiare i dati dalla memoria interna del fonometro alla scheda di memoria esterna, eseguire il programma del fonometro "Tasto PROG >> Scarico dati su MC".

Questo programma permette di copiare le misure registrate nel fonometro nella scheda di memoria esterna.

Il programma è attivabile solo dopo avere connesso l'interfaccia per memory card HD2010MC come descritto al paragrafo "*Connessione dell'HD2010MC al fonometro ed uso della scheda*".

Durante lo scarico dei dati, che avviene in modo totalmente automatico, viene visualizzata una schermata dove è possibile verificare lo spazio di memoria disponibile nella scheda ed il tempo stimato per il completamento del programma.

Il trasferimento dei dati dal fonometro alla scheda di memoria **non** cancella la memoria interna del fonometro. Per cancellare il contenuto della memoria dati del fonometro, è necessario utilizzare il programma Navigatore.

**Per cancellare i dati della scheda, usare solo la funzione di formattazione del Noise Studio: non è prevista la cancellazione dei singoli file contenuti nella memory card.**

Il programma Navigatore non è in grado di gestire le memorizzazioni effettuate in dispositivi esterni come l'interfaccia per memory card HD2010MC.

### **CARATTERISTICHE TECNICHE**

Tipo di schede	MMC e SD
Capacità massima	2GB
Alimentazione	prelevata direttamente dal fonometro
Monitor di funzionamento	LED sul corpo del lettore
Connettore	M12 8 poli femmina

## SPECIFICHE TECNICHE

Il fonometro HD2110L è un misuratore di livello sonoro integratore di classe 1 con analisi in frequenza per bande d'ottava, di terzo d'ottava (con l'opzione "Terzi d'ottava") ed analisi statistica.

### *Il fonometro HD2110L è conforme alle seguenti norme*

- IEC 61672:2002-5 e IEC 61672-1 ed.2.0 del 2013 Classe 1 Gruppo X
- IEC 60651:2001-10 Classe 1
- IEC 60804:2000-10 Classe 1
- IEC 61260:1995-8 Classe 1 + Emendamento 1:2001-09
- ANSI S1.4:1983 Classe 1
- ANSI S1.11:1986 Ordine 3, Classe 1-D, Gamma Estesa

### *Modelli di microfono*

- da ½ pollice con sensibilità di 50 mV/Pa, polarizzati a 200V ottimizzati per misure in campo libero (MC21P) oppure in campo diffuso (MC22P);
- da ½ pollice con sensibilità di 50 mV/Pa, pre-polarizzati ottimizzati per misure in campo libero (MC21E) oppure in campo diffuso (MC22E);
- da ¼ pollice pre-polarizzati, con sensibilità di 2 mV/Pa (MC24E) o 0.25 mV/Pa (MC24EH) ottimizzati per misure in campo libero.

Consultare il manuale del microfono per le specifiche tecniche dettagliate.

Il modello di microfono installato è modificabile utilizzando il programma Noise Studio fornito in dotazione.

### *Modelli di preamplificatore*

Per microfoni da ½ pollice con sensibilità di 50 mV/Pa

- **HD2110PL:** preamplificatore microfonico con attacco standard per microfoni da ½ pollice polarizzati a 200V e driver per cavo. Questo preamplificatore, dotato del dispositivo CTC per la calibrazione elettrica, può essere direttamente inserito nel fonometro HD2110L oppure collegato mediante cavo prolunga fino a 100m. Il preamplificatore è compatibile con i microfoni MC21P ed MC22P.
- **HD2110PEL:** modello simile al preamplificatore HD2110PL adatto per microfoni pre-polarizzati. Il preamplificatore è compatibile con i microfoni MC21E ed MC22E.
- **HD2110PEWL:** preamplificatore riscaldato per microfoni pre-polarizzati da ½ pollice con cavo prolunga integrato da 5m (altre lunghezze a richiesta). Il preamplificatore è abbinabile alla protezione microfonica per esterni HDWME ed è dotato di dispositivo CTC per la calibrazione elettrica e di driver per cavo fino a 100 m. Il preamplificatore è compatibile con i microfoni MC21E.

Per microfoni da ¼ pollice

- **HD2110PEL4:** preamplificatore microfonico per microfono da ¼" MC24E. Dotato del dispositivo CTC per la calibrazione elettrica e di driver per cavo fino a 100m. Richiede l'adattatore microfonico HDP079A02.
- **HD2110PEL4H:** preamplificatore microfonico per microfono da ¼" MC24EH. Dotato del dispositivo CTC per la calibrazione elettrica e di driver per cavo fino a 100m. Richiede l'adattatore microfonico HDP079A02.

### ***Accessori***

L'utilizzo dei seguenti accessori non altera significativamente le specifiche tecniche del fonometro HD2110L:

- Schermo antivento HD SAV per microfoni da ½ pollice (con correzione spettrale Menu >> Calibrazione >> Correzione schermo >> SAV).
- HDP079A02 adattatore microfonico per capsule da ¼ pollice per l'utilizzo del microfono MC24E con il preamplificatore HD2110PEL4 e del microfono MC24EH con il preamplificatore HD2110PEL4H.
- Cavo prolunga da inserire tra il preamplificatore ed il corpo del fonometro di lunghezza massima pari a 100m.
- Alimentatore stabilizzato SWD10.
- Stampante termica portatile HD40.1.
- Treppiede VTRAP e supporto per il preamplificatore HD 2110/SA.
- Protezione per ambiente esterno HDWME (con correzione spettrale Menu >> Calibrazione >> Correzione schermo >> WME).
- HD2010MC lettore di memory card.



### Ponderazioni di frequenza

- A, C, Z per le misure RMS
- C, Z per le misure del livello di picco
- Filtri con larghezza di banda pari ad un'ottava da 16 Hz a 16 kHz
- Filtri con larghezza di banda pari ad un terzo d'ottava da 16 Hz a 20 kHz (con l'opzione "Terzi d'ottava")
- Filtri con larghezza di banda pari ad un terzo d'ottava da 14 Hz a 18 kHz traslata di 1/6 d'ottava verso il basso rispetto alle frequenze centrali standard (con l'opzione "Terzi d'ottava").

La ponderazione Z è piatta su tutto lo spettro audio con le seguenti caratteristiche:

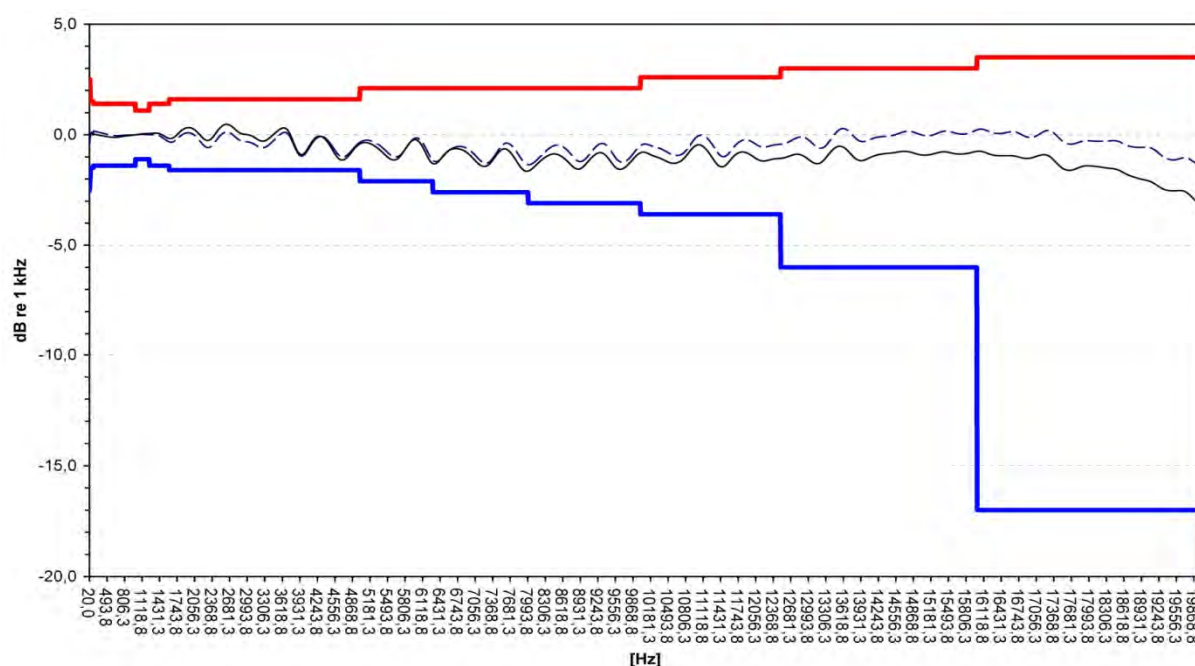
Attenuazione [dB]	Campo di frequenze [Hz]
< 0.1	63 ÷ 20 k
< 1	25 ÷ 22.5 k
< 3	12.5 ÷ 23.5 k

Mentre i filtri con larghezza di banda pari ad un'ottava sono in classe 1 secondo IEC 61260, la classe di conformità dei filtri con larghezza di banda pari ad un terzo d'ottava è indicata nella tabella seguente:

Classe	Filtri "standard" [Hz]	Filtri "traslati" [Hz]
2	16, 20	14, 18, 22
1	25 ÷ 20k	28 ÷ 18k

### Risposta in frequenza

La figura che segue riporta la risposta in frequenza del fonometro HD2110L con un microfono MC21P, con e senza schermo antivento HD SAV (rispettivamente linea continua e tratteggiata). Per poter valutare qualitativamente il comportamento del fonometro sono stati riportati in figura i limiti fissati dalla norma IEC 61627 per i fonometri di classe 1.



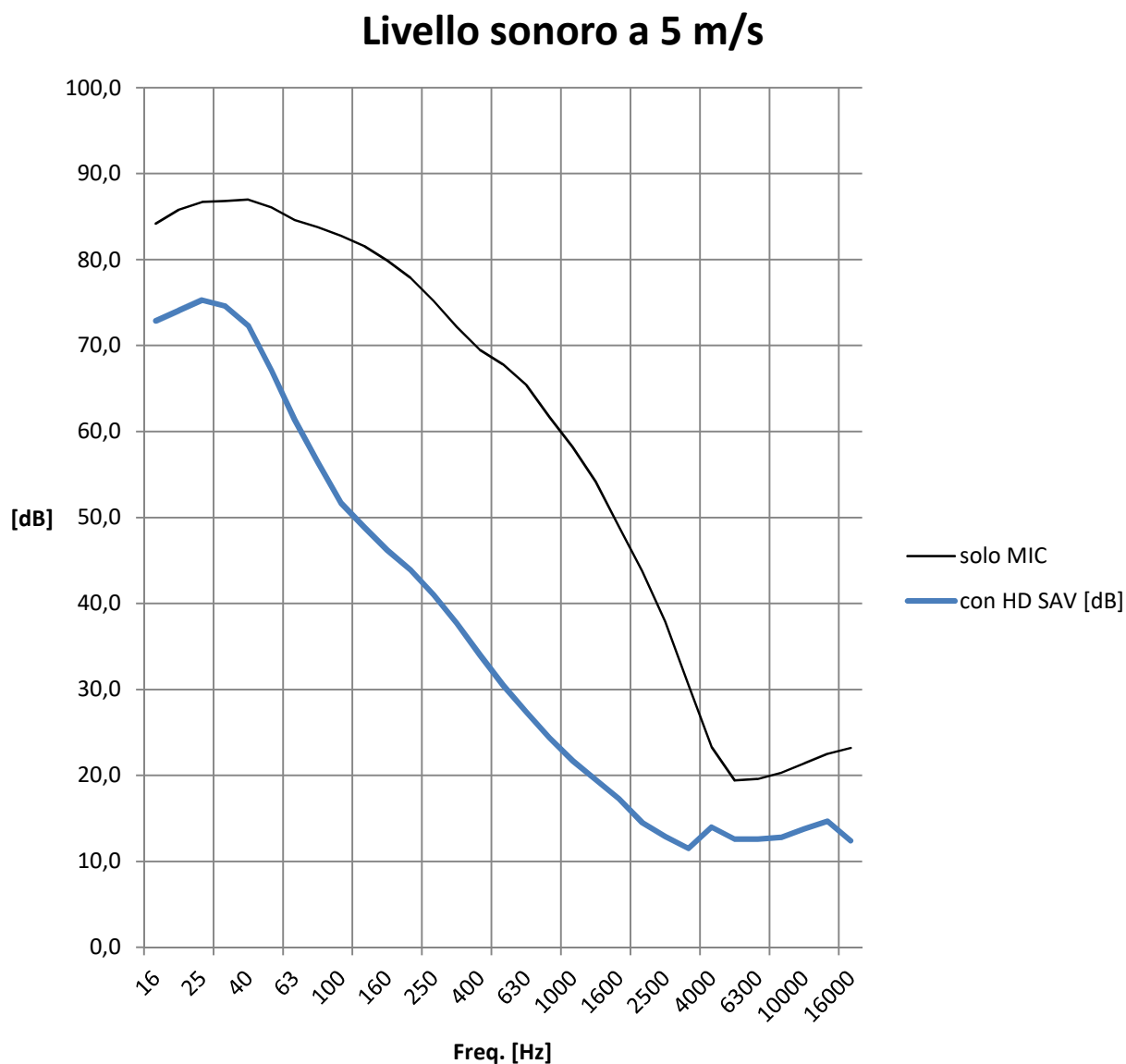
La risposta in frequenza della capsula microfonica dipende dalla presenza di dispositivi come lo schermo anti-vento HDSAV e la protezione per misure in ambiente esterno HDWME.

Per effettuare misure con la massima precisione possibile nelle diverse situazioni, il fonometro HD2110L può applicare automaticamente le correzioni spettrali necessarie per effettuare misure in campo riverberante, oppure con lo schermo anti-vento o la protezione per esterni. La correzione spettrale per la misura in campo riverberante si abilita impostando il parametro Menu >> Calibrazione >> Risposta Microfono >> RI mentre la correzione per la presenza dello schermo anti-vento HDSAV si abilita impostando il parametro Menu >> Calibrazione >> Correzione Schermo >> SAV. Per maggiori informazioni sui valori delle correzioni applicate dal fonometro HD2110L fare riferimento al manuale del microfono in dotazione.

### ***Schermo anti-vento HD SAV***

Lo schermo anti-vento in dotazione al fonometro è stato sottoposto a test di laboratorio per valutarne l'efficacia in diverse condizioni di velocità dell'aria. Le misure sono state effettuate con un preamplificatore HD2110PEL ed un microfono MC21E.

Alla velocità di 5 m/s è stato misurato, per bande di terzo d'ottava, il livello sonoro prodotto dal vento sulla capsula microfonica e si è valutato l'effetto dovuto alla presenza dello schermo anti-vento con ponderazioni Z, C ed A. Il grafico e la tabella seguenti riportano i risultati delle misure.

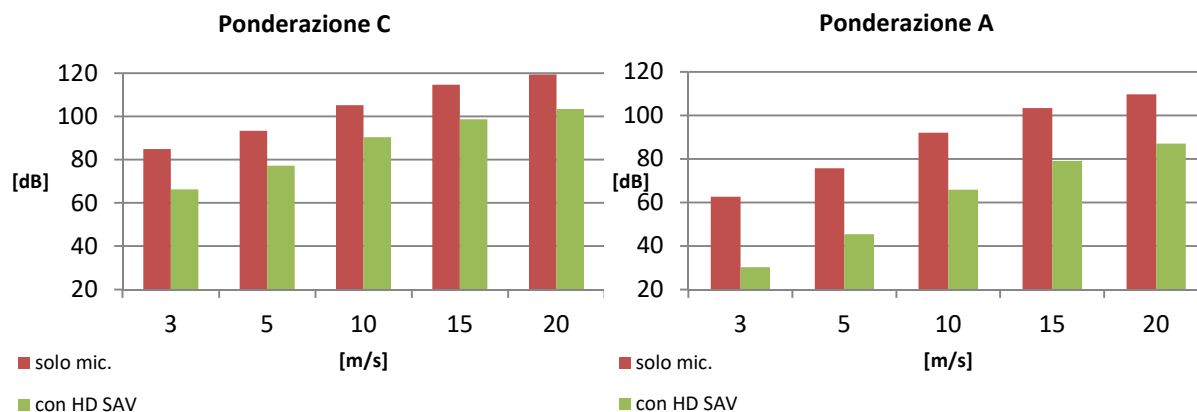


	Livello sonoro a 5 m/s per bande di terzo d'ottava [dB]										
	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160
<b>solo MIC</b>	84.2	85.8	86.7	86.8	87.0	86.1	84.6	83.8	82.8	81.6	79.9
<b>con HD SAV</b>	72.9	74.1	75.3	74.6	72.3	67.1	61.4	56.4	51.7	48.9	46.2

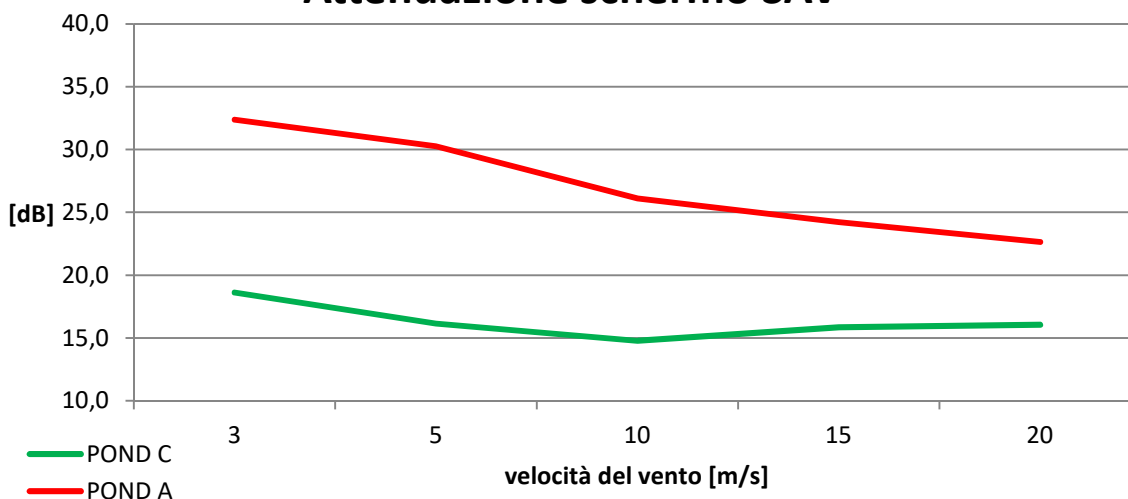
	Livello sonoro a 5 m/s per bande di terzo d'ottava [dB]										
	200	250	315	400	500	630	800	1k	1.25k	1.6k	2k
<b>solo MIC</b>	77.9	75.2	72.2	69.5	67.8	65.4	61.7	58.2	54.2	48.9	43.8
<b>con HDSAV</b>	43.9	41.0	37.7	34.0	30.5	27.4	24.4	21.7	19.5	17.3	14.5

	Livello sonoro a 5 m/s per bande di terzo d'ottava [dB]								
	2.5k	3.15k	4k	5k	6.3k	8k	10k	12.5k	16k
solo MIC	37.9	30.5	23.3	19.4	19.6	20.3	21.4	22.5	23.2
con HDSAV	12.9	11.5	14.0	12.6	12.6	12.8	13.8	14.7	12.4

L'attenuazione del rumore associato al vento dipende dalla sua velocità. Nel grafico e nella tabella seguenti sono stati riportati il livello sonoro prodotto dal vento, alle diverse velocità, e l'attenuazione associata alla presenza dello schermo anti-vento.



### Attenuazione schermo SAV



Velocità [m/s]	Ponderazione C [dBC]			Ponderazione A [dBA]		
	solo mic.	con HD SAV	Att	solo mic.	con HD SAV	Att
<b>3</b>	84.9	66.3	18.6	62.6	30.2	32.4
<b>5</b>	93.3	77.2	16.2	75.6	45.4	30.3
<b>10</b>	105.1	90.3	14.8	92.0	65.9	26.1
<b>15</b>	114.6	98.7	15.9	103.3	79.0	24.2
<b>20</b>	119.4	103.4	16.1	109.7	87.1	22.7

### ***Correzioni per il campo acustico***

I microfoni Free Field hanno una risposta in frequenza ottimizzata per la propagazione del suono in campo libero cioè per onde sonore provenienti frontalmente, con direzione coincidente con l'asse del microfono. Per ottenere una risposta in frequenza piatta in campo diffuso, cioè per onde sonore provenienti da tutte le direzioni, è necessario impostare la correzione per il campo acustico (menu CALIBRAZIONE >> Risposta Microfono) su RI. Con questa impostazione il fonometro HD2110L con i microfoni da campo libero (Free Filed) risulta conforme alle normative ANSI.

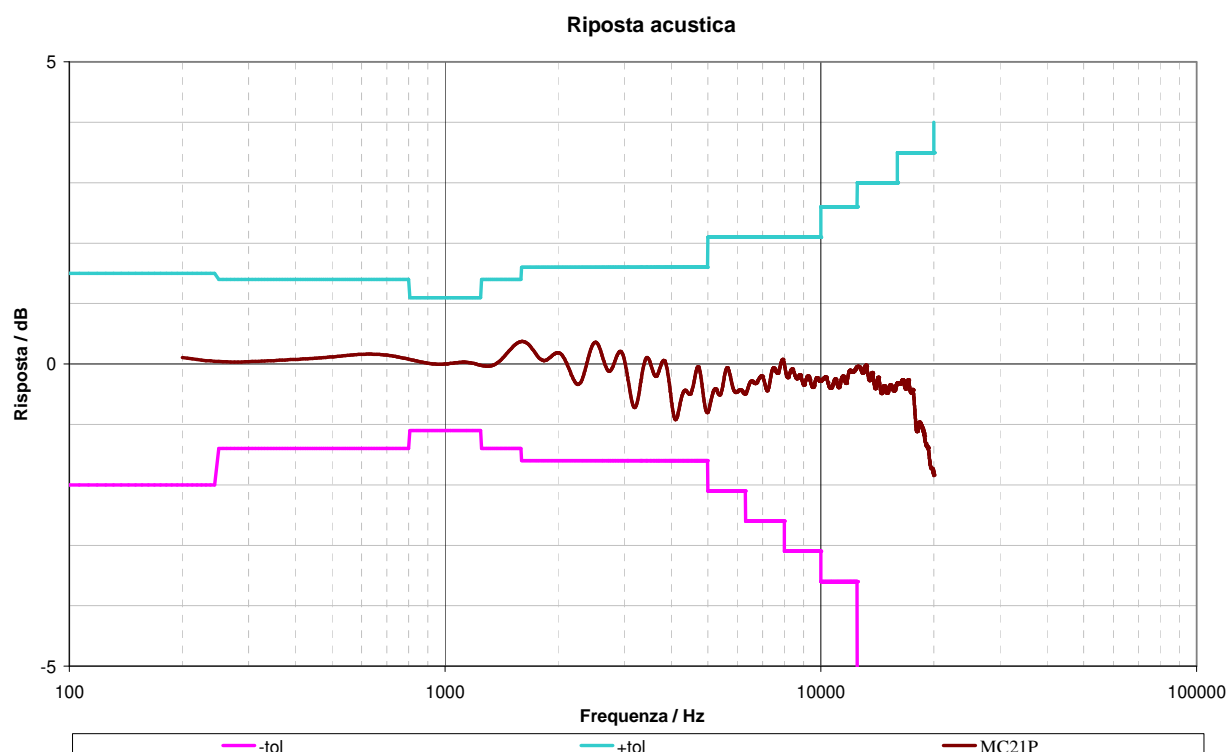
Delta Ohm può fornire anche microfoni con risposta in frequenza ottimizzata per il campo diffuso. Per ottenere una risposta in frequenza piatta in campo libero è necessario impostare la correzione per il campo acustico (menu CALIBRAZIONE >> Risposta Microfono) su FF. Con questa impostazione il fonometro HD2110L con microfono da campo diffuso risulta conforme alle normative IEC.

*Per maggiori informazioni sulle correzioni FF/RI dei microfoni fare riferimento al manuale del microfono specifico.*

### ***Unità microfonica per esterni HDWME***

Lo schermo anti-vento e la protezione per la pioggia dell'unità per esterni HDWME alterano la risposta in frequenza del microfono: per correggere la risposta è necessario impostare l'apposito parametro Menu >> Calibrazione >> Correzione Schermo su WME. Con questa impostazione il fonometro HD2110L risulta conforme alle specifiche di classe 1 della norma IEC 61672 e, dato che la protezione per esterni HDWME si può montare solo in posizione verticale, è adatto al rilievo del rumore ambientale proveniente dall'alto, come per esempio quello dei sorvoli aerei.

**Risposta acustica in asse** della protezione per esterni HDWME con il microfono da campo libero MC21P, rilevata in camera anecoica. Sono indicate le tolleranze per la Classe 1.



Quando il parametro Menu >> Calibrazione >> Correzione Schermo è impostato su WME e la correzione per la risposta acustica del microfono (menu CALIBRAZIONE >> Risposta Microfono) è impostata su RI, viene applicata una correzione in frequenza tale da ottenere una risposta in frequenza piatta in campo diffuso. Con questa impostazione il fonometro HD2110L risulta conforme alle normative ANSI e, montando la protezione per esterni HDWME in posizione verticale, è adatto al rilievo del rumore ambientale proveniente dal suolo.

**Per i dettagli della correzione spettrale applicata dal fonometro HD2110L quando abbinato alla protezione per esterni HDWME, fare riferimento al manuale del microfono. Rumore autogenerato con microfoni da 50 mV/Pa**

Il valore massimo del rumore intrinseco (misurato sostituendo il microfono con l'adattatore capacitivo) per le diverse ponderazioni di frequenza, sia per la misura di livelli **rms** che per la misura dei **livelli di picco**, sono riportati nella seguente tabella:

Guadagno di ingresso [dB]	Rumore intrinseco [dB]				
	LpA	LpC	LpZ	LpkC	LpkZ
<b>0</b>	26	26	32	39	43
<b>10</b>	18	22	26	34	40

I limiti superiori del rumore intrinseco, per le diverse bande a larghezza percentuale costante, sia d'ottava che di terzo d'ottava, sono riportati nella seguente tabella:

Guadagno di ingresso [dB]	Rumore intrinseco per bande d'ottava [dB]										
	16	32	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k
<b>0</b>	16	14	13	13	13	13	14	15	18	21	24
<b>10</b>	17	14	10	9	8	8	8	9	11	13	15

Guadagno di ingresso [dB]	Rumore intrinseco per bande di terzo d'ottava [dB]										
	16	20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160
0	12	11	10	9	9	9	8	8	7	7	7
10	14	13	11	10	8	6	6	6	5	5	4

Guadagno di ingresso [dB]	Rumore intrinseco per bande di terzo d'ottava [dB]										
	200	250	315	400	500	630	800	1k	1.25k	1.6k	2k
0	7	7	7	8	8	8	9	9	10	10	11
10	4	4	4	3	3	3	3	4	4	5	5

Guadagno di ingresso [dB]	Rumore intrinseco per bande di terzo d’ottava [dB]									
	2.5k	3.15k	4k	5k	6.3k	8k	10k	12.5k	16k	20k
0	12	13	13	15	15	16	18	18	19	21
10	5	5	6	6	8	8	9	10	10	11

#### *Campo di linearità con microfoni da 50 mV/Pa*

Il campo di linearità per diverse frequenze è riportato nella seguente tabella in funzione del guadagno di ingresso:

Limite sup. campo misure	127 dB	137 dB
<b>31.5 Hz</b>		
LpA	25 dB ÷ 88 dB	30 dB ÷ 98 dB
LpC	28 dB ÷ 124 dB	31 dB ÷ 134 dB
LpZ	31 dB ÷ 126 dB	35 dB ÷ 136 dB
LpkC	41 dB ÷ 128 dB	43 dB ÷ 138 dB
<b>500 Hz</b>		
LpkC	41 dB ÷ 131 dB	43 dB ÷ 141 dB
<b>1 kHz</b>		
LpA, LpC, LpZ	25 dB ÷ 127 dB	30 dB ÷ 137 dB
<b>4 kHz</b>		
LpA	25 dB ÷ 127 dB	30 dB ÷ 137 dB
LpC	28 dB ÷ 126 dB	31 dB ÷ 136 dB
LpZ	31 dB ÷ 127 dB	35 dB ÷ 137 dB
<b>8 kHz</b>		
LpA	26 dB ÷ 126 dB	30 dB ÷ 136 dB
LpC	28 dB ÷ 124 dB	31 dB ÷ 134 dB
LpZ	31 dB ÷ 127 dB	35 dB ÷ 137 dB
LpkC	41 dB ÷ 128 dB	43 dB ÷ 138 dB
<b>12.5 kHz</b>		
LpA	25 dB ÷ 122 dB	30 dB ÷ 132 dB
LpC	28 dB ÷ 121 dB	31 dB ÷ 131 dB
LpZ	31 dB ÷ 127 dB	35 dB ÷ 137 dB

Il limite inferiore del campo di linearità, per le diverse bande a larghezza percentuale costante, si può ricavare dalla tabella relativa al rumore intrinseco aggiungendo 7dB. I limiti superiori sono rispettivamente pari a 137dB e 127dB con guadagno di ingresso pari a 0dB e 10dB.

Il livello di partenza per il rilievo del campo di linearità corrisponde al livello di riferimento pari a 94 dB per tutte le frequenze.

### ***Tempo di integrazione***

Il tempo di integrazione può essere impostato da un minimo di 1s ad un massimo di 99 ore.

### ***Dinamica di misura in presenza di campi elettromagnetici con microfoni da 50 mV/Pa***

Livello minimo misurabile pari a 60dBA con portante da 26 MHz ad 1 GHz ed ampiezza pari a 10V/m modulata dell'80% ad 1 kHz.

### ***Condizioni di riferimento***

- Il campo di misura è quello con guadagno di ingresso pari a 10dB.
- Il livello è pari a 94dB oppure 114dB.
- La calibrazione acustica si può effettuare con un livello sonoro compreso nell'intervallo 94dB ÷ 124dB.
- La direzione di riferimento del segnale acustico è quella dell'asse longitudinale del preamplificatore.
- Il campo acustico di riferimento è il campo libero (con microfono standard in dotazione)

### ***Condizioni operative***

- Temperatura di magazzinaggio: -25 ÷ 70°C.
- Temperatura di funzionamento: -10 ÷ 50°C.
- Umidità relativa di lavoro: 25 ÷ 90%RH, in assenza di condensa.
- Pressione statica d'esercizio: 65 ÷ 108kPa.
- Grado di protezione: IP64.

In caso di formazione di condensa occorrerà attenderne l'evaporazione completa prima di mettere in funzione il fonometro.

### ***Derive***

- Temperatura: ± 0.3dB sul campo -10 ÷ 50°C (con correzione per le derive del microfono attivata).
- Umidità relativa: ± 0.3dB sul campo 25 ÷ 90%RH, in assenza di condensa.
- Pressione statica: +0.3dB ÷ -0.1dB sul campo 65 ÷ 108kPa.

## **CARATTERISTICHE ELETTRICHE**

### ***Tempo di preriscaldamento***

Inferiore ad 1 minuto ed è indicato sul display con la lettera "W" lampeggiante sovrapposta al simbolo della modalità di acquisizione.

### ***Alimentazione***

- Batterie interne: 4 batterie 1.5V tipo AA alcaline o ricaricabili. Il fonometro non ha funzione di carica-batterie.

- Autonomia: >10 ore in modalità di acquisizione (RUN) con batterie alcaline di buona qualità. L'autonomia risulta pari a circa 8 ore quando si utilizza l'unità microfonica per esterni HDWME dotata di preamplificatore riscaldato.
- Batterie esterne: è possibile collegare un pacco batterie esterno al fonometro attraverso il connettore maschio per l'alimentazione esterna (presa Ø 5.5mm). Il positivo dell'alimentazione va fornito al pin centrale. La batteria deve poter fornire  $9 \div 12V$  a circa 200mA/h. Il limite massimo per l'alimentazione esterna è pari a 15V.
- Rete: adattatore di rete con tensione continua da  $9 \div 12Vdc/300mA$ .
- Spegnimento: automatico escludibile

Quando la tensione delle batterie scende sotto i 3.8V il fonometro non è in grado di eseguire misure. E' tuttavia ancora possibile accedere ai dati presenti in memoria ed effettuare lo scarico dei dati. Sotto i 3.5V lo strumento si spegne automaticamente. I dati memorizzati ed i parametri di configurazione e di calibrazione vengono mantenuti anche in assenza di alimentazione.

### ***Livelli massimi di ingresso***

Il livello sonoro massimo per le diverse capsule microfoniche, corrispondente ad una distorsione pari al 3%, è riportato in tabella.

Microfono	Sensibilità	Preamplificatore	Livello massimo
	[mV/Pa]		[dB]
MC21P, MC22P	50	HD2110PL	146
MC21E, MC22E	50	HD2110PEL, HD2110PEWL	146
MC24E	2	HD2110PEL4	164
MC24EH	0.25	HD2110PEL4H	178

Il livello del segnale elettrico applicabile all'ingresso microfonico, previa sostituzione della capsula microfonica con l'apposito adattatore capacitivo, non deve superare i limiti indicati in tabella.

Preamplificatore	Tensione massima in ingresso
	[Vrms]
HD2110PL, HD2110PEL, HD2110PEWL	20
HD2110PEL4, HD2110PEL4H	1

Il livello del segnale elettrico applicabile all'ingresso LINE del fonometro non deve superare i 7Vrms.

### ***Uscita LINE***

- Presa jack mono Ø 3.5mm
- Segnale in uscita al preamplificatore
- Uscita non ponderata e protetta contro il corto circuito
- Guadagno: ~7 mV/Pa e ~21 mV/Pa rispettivamente per un guadagno di ingresso pari a 0dB e 10dB non calibrato
- Linearità: 110dB con livello massimo di uscita pari a 1.5Vrms
- Impedenza serie: 1kΩ
- Carico tipico: 100kΩ



### ***Ingresso LINE***

- Presa jack mono Ø 3.5mm
- Guadagno: ~7 mV/Pa e ~21 mV/Pa rispettivamente per un guadagno di ingresso pari a 0dB e 10dB
- Livello massimo 7Vrms internamente limitato a  $\pm 12V$
- Carico d'ingresso: > 100k $\Omega$
- Impedenza tipica della sorgente: 50 $\Omega$

### ***Uscita TRGOUT***

- Presa jack stereo Ø 3.5mm
- Uscita digitale 0 ÷ 3.3V protetta contro il corto circuito
- Impedenza pull-up: 1k $\Omega$
- Impedenza pull-down: 30 $\Omega$

### ***Ingresso TRGIN***

- Presa jack stereo Ø 3.5mm
- Ingresso in corrente: soglia 0.5mA max 20mA
- Ingresso in tensione: soglia 2V max 10V
- Impedenza serie: 470  $\Omega$

### ***Uscita DC***

- Presa jack mono Ø 2.5mm
- Uscita protetta contro il corto circuito
- Uscita ponderata A con costante di tempo FAST aggiornata 8 volte al secondo
- Guadagno: 10 mV/dB
- Linearità: 110dB
- Impedenza serie: 1k $\Omega$
- Carico tipico: 100k $\Omega$

### ***Interfaccia seriale:***

- Presa: M12 8 poli.
- Tipo: RS232C (EIA/TIA574) oppure USB 1.1 o 2.0 non isolate
- Baud rate: da 300 a 230400baud
- Bit di dati: 8
- Parità: Nessuna
- Bit di stop: 1
- Controllo di flusso: Hardware
- Lunghezza cavo: massimo 1.5m

### ***Cavo di prolunga per il microfono***

Il preamplificatore microfonico può essere collegato al corpo del fonometro mediante un cavo prolunga di lunghezza massima pari a 100m (CPA). Le specifiche del fonometro non vengono alterate significativamente dalla presenza del cavo.

## ANALISI STATISTICA

Campionamento 1/8 s.  
Classi da 0.5dB.  
4 livelli percentili programmabili da L<sub>1</sub> ad L<sub>99</sub>.

### **Calcolo e visualizzazione dei grafici statistici**

Grafico della distribuzione di probabilità dei livelli.  
Grafico dei livelli percentili da L<sub>1</sub> a L<sub>99</sub>.

## ANALISI SPETTRALE

Campionamento: 48 kHz  
Attenuazione di riferimento: 0dB  
Gamma di riferimento: 20dB ÷ 130dB  
Livello di riferimento: 94dB  
Bande d'ottava da 16 Hz a 16kHz  
Bande di terzo d'ottava da 16Hz a 20kHz oppure da 14Hz a 18kHz (con opzione "Terzi d'ottava")  
Ponderazione di frequenza (solo per la visualizzazione): lineare (Z) oppure C o A; ponderazione ausiliaria A, B, C, Z o U (Utente)  
Ponderazione temporale (solo analisi multispettro): lineare (Leq) oppure esponenziale (FAST o SLOW).  
Rapporto delle frequenze centrali: base 2

***Spettri mediati, multispettro anche MAX o MIN con tempo di campionamento da 0.5s ad 1 ora.***

### **Spettro per banda fine (FFT) (con l'opzione FFT).**

Finestra: Blackman-Harris  
Sovrapposizione: 66%  
Banda LF: da 7 Hz a 311 Hz con risoluzione 1.5 Hz. Incertezza < 0.7dB da 13 Hz a 290 Hz.  
Banda MF: da 176 Hz a 2484 Hz con risoluzione 11.72 Hz. Incertezza < 0.7dB da 234 Hz a 2332 Hz.  
Banda HF: da 1406 Hz a 21938 Hz con risoluzione 93.75 Hz. Incertezza < 0.7dB da 1875 Hz a 21938 Hz.

### **Calcolo e visualizzazione delle curve isofoniche (con opzione "Terzi d'ottava")**

Effettuato secondo ISO 226:2003 (solo per spettri non filtrati in frequenza).

## MISURA DEL TEMPO DI RIVERBERAZIONE (OPZIONALE)

Calcolo del tempo di riverberazione mediante interruzione della sorgente sonora con procedura guidata.  
Calcolo del tempo di riverberazione con la tecnica dell'integrazione della risposta all'impulso (integrazione inversa di Schroeder) con algoritmo di correzione per il rumore di fondo.  
Campo di frequenze: ottave da 125 Hz ad 8 kHz e terzi d'ottava da 100 Hz a 10 kHz (opzione "Terzi d'ottava").  
Campionamento spettri: 32 spettri al secondo.

Dinamica di misura: 110dB.

Interpolazione del profilo di decadimento ottimizzata, con calcolo del coefficiente di correlazione lineare con il metodo dei minimi quadrati.

Calcolo simultaneo di: EDT, T(10), T(20), T(30) stime del tempo di riverberazione  $T_{60}$  in conformità alla norma ISO 3382.

Possibilità di calcolare  $T_{60}$  direttamente sul profilo di decadimento del livello sonoro, mediante il posizionamento di cursori, su un intervallo scelto dall'utilizzatore.

## VISUALIZZAZIONE

### *Display grafico*

128x64 pixel retroilluminato su una superficie di 56x38mm.

### *Modalità:*

- schermata SLM (sound level meter) con 5 parametri a scelta.
- profilo temporale di un parametro a scelta con tempo di campionamento da 1/8s ad un'ora.
- spettri per banda d'ottava da 16 Hz a 16 kHz ed opzionalmente di terzo d'ottava da 16 Hz a 20 kHz oppure da 14Hz a 18kHz.
- spettro per banda fine (FFT) da 7Hz a 22 kHz (necessita dell'opzione "FFT").
- Distribuzione di probabilità dei livelli in classi da 0.5dB, 1dB oppure 2dB.
- Grafico dei livelli percentili da  $L_1$  ad  $L_{99}$ .

### *Modalità di visualizzazione per la misura del tempo di riverberazione:*

- Schermata numerica che fornisce per la banda scelta:
  - livello massimo sorgente
  - livello di rumore di fondo
  - EDT e tre stime di  $T_{60}$ : T(10), T(20), T(30)
  - Coefficienti di correlazione di  $T_{60}$ .
- Profilo di decadimento del livello sonoro per la banda scelta.
- Grafico dei tempi di riverbero, per la stima scelta tra EDT, T(10), T(20) o T(30), per tutte le bande d'ottava da 125 Hz ad 8 kHz.
- Grafico dei tempi di riverbero, per la stima scelta tra EDT, T(10), T(20) o T(30), per tutte le bande di terzo d'ottava da 100 Hz a 10 kHz (con opzione "Terzi d'ottava").

## MEMORIZZAZIONE DELLE MISURE

Memoria permanente da 8MB che permette la registrazione continua per più di 77 ore di un parametro alla velocità di 8 campioni al secondo oppure la registrazione automatica ogni 5 secondi per più di 96 ore di 5 parametri e degli spettri per bande d'ottava e di terzo d'ottava.

### *Sicurezza dei dati memorizzati*

Indipendente dalle condizioni di carica delle batterie.

## PROGRAMMI

### *Programmi di calibrazione e diagnostica*

- Calibrazione acustica ad 1 kHz con calibratore di livello sonoro compreso nell'intervallo 94dB ÷ 124dB.
- Calibrazione elettrica con generatore incorporato.
- Programma "Check diagnostico".

### ***Programma per la misura del tempo di riverberazione***

Questo programma permette di misurare, con procedura guidata, il tempo di riverberazione, sia con la tecnica della sorgente sonora interrotta che con la risposta all'impulso integrata.

Procedura guidata per il calcolo del tempo di riverberazione mediante interruzione della sorgente sonora oppure integrazione della risposta all'impulso (integrazione inversa di Schroeder) con algoritmo di correzione per il rumore di fondo.

Campo di frequenze: ottave da 125 Hz ad 8 kHz ed opzionalmente terzi d'ottava da 100 Hz a 10 kHz.

Campionamento spettri: 32 spettri al secondo.

Dinamica di misura: 110dB.

Interpolazione del profilo di decadimento ottimizzata, con calcolo del coefficiente di correlazione lineare con il metodo dei minimi quadrati.

Calcolo simultaneo di: EDT, T(10), T(20), T(30) stime del tempo di riverberazione  $T_{60}$  in conformità alla norma ISO 3382.

Possibilità di calcolare  $T_{60}$  direttamente sul profilo di decadimento del livello sonoro, mediante il posizionamento di cursori, su un intervallo scelto dall'utilizzatore.

### ***Programmi di interfaccia ed elaborazione mediante PC***

- **Noise Studio (modulo base)** per lo scarico e visualizzazione grafica dei dati memorizzati e la configurazione dello strumento.

Noise Studio prevede una serie di moduli aggiuntivi per l'analisi e post-elaborazione dei dati fonometrici acquisiti con i fonometri Delta Ohm. Le funzioni di questi moduli sono specificatamente studiate per determinate applicazioni (come l'analisi del rumore in ambiente di lavoro, l'analisi del rumore ambientale oppure la valutazione dei requisiti acustici degli immobili) e **sono attivabili con licenza con chiave hardware CH20**.

- Modulo **"Monitor"** - cod. **NS4** - per il monitoraggio acustico ed il controllo remoto da PC anche via modem. Acquisizioni programmate, identificazione di eventi e registrazione audio sincronizzata.
- Modulo **"Inquinamento Acustico"** - cod. **NS2A** - Analisi del clima acustico su base giornaliera, settimanale e annuale inclusi rumore da traffico stradale, ferroviario ed aeroportuale. Il programma effettua analisi statistiche e spettrali ed identifica automaticamente eventi rumorosi. Le analisi sono effettuate in conformità alla normativa nazionale (D.L. 194/2005 e D.M. 16/03/1998) e comunitaria in materia di inquinamento acustico e mappatura del territorio.
- Modulo **"Rumore ambientale"** - cod. **NS5** - Analisi dell'inquinamento acustico e delle sorgenti di rumore ambientale. Il programma effettua analisi statistiche e spettrali ed identifica automaticamente le componenti impulsive e tonali delle sorgenti di rumore. Le analisi sono effettuate in conformità alla normativa nazionale (D.L. 194/2005 e D.M. 16/03/1998) e comunitaria in materia di inquinamento acustico.
- Modulo **"Isolamento Acustico"** - cod. **NS3** - per la valutazione dei requisiti acustici passivi degli edifici in conformità alla normativa vigente. Calcolo del tempo di riverberazione di stanze e auditori e dell'isolamento di partizioni, facciate e solai in laboratorio e in opera, secondo le norme ISO 140. Calcolo degli indici di isolamento secondo ISO 717-1:1996 e ISO 7817-2:1996. Questo programma richiede l'installazione dell'opzione "Tempo di Riverbero".
- Modulo **"Protezione Lavoratori"** - cod. **NS1** - Analisi dell'esposizione al rumore in ambiente di lavoro in conformità al D.L. 81/2008, alla norma UNI 9432:2011 ed alla norma ISO 9612:2011. Calcolo dei livelli di esposizione e delle relative incertezze e valutazione

dell'efficacia dei dispositivi di protezione individuale, dell'indice di impulsività delle sorgenti di rumore.

Per una dettagliata descrizione delle funzioni di analisi attualmente disponibili rivolgersi al proprio rivenditore autorizzato.

### ***Firmware***

Aggiornabile tramite la porta seriale con software NoiseStudio.

## **ALTRE CARATTERISTICHE**

### ***Stampa***

- Diretta dei parametri acquisiti (stampa della singola misura)
- Continua (Monitor).

### ***Alloggiamento***

- Dimensioni (Lunghezza x Larghezza x Altezza): 445x100x50mm completo di preamplificatore
- Peso: 740g (completo di batterie)
- Materiali: ABS, gomma

### ***Tempo:***

- Data e ora: orologio e datario aggiornato in tempo reale
- Deviazione massima: 1min/mese

## **NORME DI RIFERIMENTO**

- IEC 60651:2001, Classe 1
- IEC 60804:2000 , Classe 1
- IEC 61672-1:2002 e IEC 61672-1 ed. 2.0 del 2013 Classe 1 Gruppo X
- IEC 61260:1995 per bande d'ottava e di terzo d'ottava, Classe 1
- ANSI S1.4-1983, Classe 1
- ANSI S1.11-1986 per bande d'ottava e di terzo d'ottava, Ordine 3, Classe 1-D, Gamma Estesa.

## **LEGISLAZIONE ITALIANA**

- Rumore in ambiente di lavoro: D.L. 81/2008, norma UNI9432 del 2011, ISO9612 del 2011, Direttiva 2008/46/CE
- Valutazioni di clima acustico e monitoraggi con cattura di eventi sonori
- Inquinamento acustico:
  - Legge 447 del 26/10/95, D.L 194 del 19/08/2005 e Direttiva 2002/49/CE
  - D.P.C.M. del 01/03/91
  - D.M. del 16/03/98
- Rumore nei locali di intrattenimento danzante: D.P.C.M. 215 del 16/04/99
- Emissione sonora di macchine D.Lgs. 262 del 4/9/2002, Direttiva 2005/88/CE
- Misurazione dei parametri acustici degli ambienti e classificazione acustica delle unità immobiliari: UNI EN ISO 3382 ed UNI 11367:2010 (con l'opzione "Tempo di Riverbero").

## CODICI DI ORDINAZIONE

**HD2110L.Kit1:** kit fonometro integratore e analizzatore di classe 1 con analisi di spettro per bande d'ottava, memoria da 8MB, con funzioni di data logging avanzate, analisi statistica completa, cattura ed analisi di eventi sonori.

**Il kit comprende:** fonometro HD2110L di classe 1, microfono, preamplificatore, schermo antivento HDSAV, HD2110USB cavo (in alternativa, a richiesta, cavo seriale HD2110RS per la connessione ad una porta tipo COM), software di interfaccia per PC Noise Studio (modulo base), valigetta tipo 24 ore, manuale di istruzioni.

Il kit include: Certificato di taratura Accredia, secondo IEC 61672, della catena composta da fonometro, preamplificatore e microfono; Certificato di taratura Accredia, secondo IEC 61260, del banco di filtri d'ottava.

### *Opzioni, accessori e software*

**HD2110.O1 “Terzi d’ottava”:** analisi spettrale con **doppio banco di terzi d’ottava da 16Hz a 20kHz e da 14Hz a 18kHz** secondo IEC 61260. Valutazione dell’udibilità delle componenti spettrali mediante confronto in tempo reale con le curve isofoniche ISO 226:2003. Include il Certificato di taratura secondo IEC61260.

**HD2110.O4 “Tempo di Riverbero”:** misura del tempo di riverbero sia mediante interruzione della sorgente sonora che con la tecnica della risposta all’impulso integrata con sorgente impulsiva.

**HD2110.O6 “FFT”:** profilo Leq Short 1/32s ed analisi spettrale FFT su tutto il campo audio con risoluzione variabile da 1,5Hz a 100Hz.

**HD2110.O1/4 “Catena microfonica per misure di livelli elevati”** (fino a 160dB): sostituisce il preamplificatore HD2110PEL ed il microfono MC21E con il preamplificatore HD2110PEL4 completo di adattatore microfonico HDP079A02 e microfono MC24E da ¼ pollice con sensibilità pari a 2 mV/Pa.

**HD2110.O1/4H “Catena microfonica per misure di livelli elevati”** (fino a 180dB): sostituisce il preamplificatore HD2110PEL ed il microfono MC21E con il preamplificatore HD2110PEL4H completo di adattatore microfonico HDP079A02 e microfono MC24EH da ¼ pollice con sensibilità pari a 0.25 mV/Pa.

**HD2110.OE “Catena microfonica per misure in ambiente esterno”:** sostituisce il preamplificatore standard HD2110PEL con la versione riscaldata HD2110PEWL, dotato di dispositivo CTC per la calibrazione elettrica e di cavo prolunga integrato da 5m (altre lunghezze a richiesta), include la protezione microfonica per esterni HDWME con schermo anti-vento, protezione per la pioggia e dissuasore per i volatili. Questa opzione è disponibile solo in abbinamento al microfono standard MC21E pre-polarizzato.

**MC21P:** Microfono da ½” polarizzato a 200 V ad elevata stabilità per misure in campo libero. Conforme alla IEC61094-4 tipo WS2F. Abbinabile al preamplificatore HD2110PL.

**MC22E:** Microfono da ½” pre-polarizzato ad elevata stabilità per misure in campo diffuso. Conforme alla IEC61094-4 tipo WS2D. Abbinabile al preamplificatore HD2110PEL.

**MC22P:** Microfono da ½” polarizzato a 200 V ad elevata stabilità per misure in campo diffuso. Conforme alla IEC61094-4 tipo WS2D. Abbinabile al preamplificatore HD2110PL.

**MC24E:** Microfono da ¼” pre-polarizzato per misure in campo libero fino a 160 dB. Abbinabile al preamplificatore HD2110PEL4 mediante l’adattatore HDP079A02.

**MC24EH:** Microfono da ¼” pre-polarizzato per misure in campo libero fino a 180 dB. Abbinabile al preamplificatore HD2110PEL4H mediante l’adattatore HDP079A02.

**CPA/5:** cavo prolunga da 5m.

**CPA/10:** cavo prolunga da 10m.

**CPA/20:** cavo prolunga da 20m.

**CPA/50:** cavo prolunga da 50m.

**VTRAP:** treppiede altezza max 1550mm.

**HD2110/SA:** supporto per fissare il preamplificatore al treppiede.

**HD2110RS:** cavo RS232 tipo null-modem con connettore DB9 standard per la connessione ad una porta COM del PC oppure alla stampante HD40.1.

**HD2110USB:** cavo USB con connettore tipo A per la connessione ad una porta USB del PC.

**SWD10:** alimentatore stabilizzato a tensione di rete  $V_{in}=100\div240V_{ac}$  /  $V_{out}=12V_{dc}$  1A.

**HD2010MC:** modulo per data logging e scarico dei dati in schede di memoria tipo MMC o SD, inclusa card SD 2 GB.

**HD40.1:** kit composto da stampante portatile termica a 24 colonne, interfaccia seriale, larghezza della carta 57mm, 4 batterie ricaricabili NiMH da 1.2V, alimentatore SWD10, 5 rotoli di carta termica e manuale d'istruzioni.

### *Moduli software di analisi*

**CH20:** chiave hardware per PC con sistema operativo Windows. Inserita in una porta USB, abilita il PC all'uso dei moduli software di analisi.

**NS1** Modulo “**Protezione Lavoratori**” Analisi dell'esposizione al rumore e alle vibrazioni in ambiente di lavoro in conformità alle direttive 2003-10-CE e 2002-44-CE, al D.L. 81/2008 e alle norme UNI 9432 e ISO 9612. Calcolo dei livelli di esposizione e delle relative incertezze e valutazione dell'efficacia dei dispositivi di protezione individuale, dell'indice di impulsività delle sorgenti di rumore e della presenza di fenomeni di DC-shift nell'analisi delle vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio.

**NS2A** Modulo “**Inquinamento Acustico**” Analisi del clima acustico su base giornaliera, settimanale e annuale inclusi rumore da traffico stradale, ferroviario ed aeroportuale. Il programma effettua analisi statistiche e spettrali (solo con fonometri dotati di analisi spettrale) ed identifica automaticamente eventi rumorosi. Le analisi sono effettuate in conformità alla normativa nazionale (D.L. 194/2005 e D.M. 16/03/1998) e comunitaria (direttiva 2002/49/CE) in materia di inquinamento acustico e mappatura del territorio. **Per la piena funzionalità è consigliata l'opzione HD2110.O1 “terzi di ottava”**

**NS3** Modulo “**Isolamento Acustico**” Valutazione dei requisiti acustici passivi degli edifici in conformità alla normativa vigente (D.P.C.M. 5/12/1997). Calcolo del tempo di riverberazione di stanze e auditori secondo ISO 3382 e ISO 354 con funzioni di editing delle curve di decadimento. Calcolo dell'isolamento di partizioni, facciate e solai in laboratorio e in opera, secondo le norme ISO 140. Calcolo degli indici di isolamento secondo ISO 717. Classificazione delle unità immobiliari secondo UNI 11367:2010. Gestione mediante progetto e reporting di misure, calcoli e grafici. **Per la piena funzionalità sono consigliate l'opzione HD2110.O1 “terzi di ottava” e l'opzione HD2110.O4 “tempo di riverberazione”.**

**NS4** Modulo “**Monitor**” Monitoraggio acustico e controllo remoto da PC. Acquisizioni programmate, identificazione di eventi e registrazione audio sincronizzata.

**NS5** Modulo “**Rumore ambientale**” Analisi dell'inquinamento acustico e delle sorgenti di rumore ambientale. Il programma effettua analisi statistiche e spettrali, identifica manualmente e automaticamente mediante funzione di trigger sorgenti singole e combinate. Mascheramento e ricerca automatica di componenti impulsive e tonali in conformità alla normativa nazionale (D.M. 16/03/1998) in materia di inquinamento acustico. Verifica automatica dei limiti sia as-



soluti che differenziali in accordo alla normativa vigente. Report automatico. **Per la piena funzionalità è consigliata l'opzione HD2110.O1 “terzi di ottava”.**

***Ricambi ed altri accessori***

**HDWME1:** dissuasore per i volatili per la protezione per esterni HDWME.

**HDWME2:** schermo anti-pioggia per la protezione per esterni HDWME.

**HDSAV3:** schermo antivento per la protezione per esterni HDWME.

**HDSAV:** schermo antivento per microfono da 1/2".

**BAT-40:** pacco batterie di ricambio per la stampante HD40.1 con sensore di temperatura integrato.

**RCT:** kit di quattro rotoli di carta termica larghezza 57mm, diametro 32mm.

## COME FARE PER ...

In questo capitolo viene descritto passo passo come procedere per eseguire le misure più ricorrenti nel campo dell'acustica usando il fonometro HD2110L.

Se necessario, si veda la descrizione delle funzioni dei tasti da pag. 139 e le diverse modalità di visualizzazione da pag. 16 in poi.

### PROCEDURA DI MISURA

Il fonometro HD2110L è in grado di acquisire contemporaneamente 5 parametri 2 volte al secondo, il profilo temporale di un parametro con intervallo di campionamento programmabile da 1/8 secondo ad un'ora e gli spettri per bande d'ottava e, con l'opzione, di terzo d'ottava con intervallo di campionamento programmabile da 0.5 secondi ad un'ora. I parametri disponibili sono quelli riportati nelle tabelle dell'appendice A1 a pag. 147. I parametri acquisiti vengono visualizzati in più schermate attivabili in sequenza mediante il tasto MODE.

**Sound Level Meter (SLM)** - Si veda anche la descrizione a pag. 19.

Con il tasto MODE ci si porta nella schermata SLM dove vengono visualizzati 5 parametri di misura in forma numerica. Mediante il tasto SELECT è possibile impostare il tempo di integrazione (Tint), il campo misure e scegliere i parametri da visualizzare come descritto al paragrafo “*Selezione dei parametri*” del capitolo “*Modalità SLM (sound level meter)*” a pag. 19. In alternativa è possibile impostare i parametri di acquisizione da menu, come descritto al capitolo “DESCRIZIONE DELLE FUNZIONI del MENU” a pag. 52. Una volta impostati i parametri con il tasto START/STOP/RESET si avvia l'esecuzione delle misure.

Trascorso il tempo Tint, appare l'indicazione HOLD: l'aggiornamento del display si blocca. A questo punto è possibile stampare o memorizzare i valori. Lo strumento nel frattempo continua ad acquisire e, per riprendere l'aggiornamento, basta premere il tasto HOLD. Se si sta effettuando una registrazione continua, trascorso il tempo Tint l'acquisizione si arresta automaticamente.

In fase di misura è possibile bloccare temporaneamente l'aggiornamento del display premendo il tasto HOLD. L'aggiornamento riprende alla successiva pressione dello stesso tasto. Anche se il display non viene aggiornato lo strumento continua a misurare.

E' possibile bloccare temporaneamente l'acquisizione ed il calcolo dei parametri integrati premendo il tasto PAUSE. In PAUSE il calcolo dei parametri integrati, come per esempio il Leq ed i livelli massimi, è sospeso; in questa fase è possibile cancellare il contributo degli ultimi secondi di acquisizione utilizzando la funzione Cancellazione con i tasti LEFT e RIGHT, come descritto al paragrafo “*Funzione Cancellazione*” a pag. 21. In PAUSE è possibile azzerare tutti i parametri integrati premendo il tasto START/STOP/RESET. L'acquisizione riprende premendo un seconda volta il tasto PAUSE.

In qualsiasi momento è possibile stampare quanto visualizzato premendo il tasto PRINT. Per attivare la stampa continua (*Monitor*) basta premere per almeno 2 secondi il tasto PRINT. La lettera **M** lampeggiante sovrapposta all'indicatore di stato indica l'attivazione della funzione Monitor. La funzione Monitor rimane attiva anche passando ad altre schermate di misura ed è disattivabile premendo il tasto PRINT una seconda volta oppure fermando l'acquisizione con il tasto START/STOP/RESET.

Se viene attivata la modalità *Auto-Store* (MENU >> Generale >> Registrazione >> Auto-Store), l'analisi spettrale viene impostata automaticamente in modalità AVR. Con questa impostazione, al termine del tempo di integrazione, i livelli visualizzati nella schermata SLM e gli spettri per banda d'ottava e di terzo d'ottava vengono memorizzati automaticamente. L'acquisizione viene quindi regolarmente fermata.

La registrazione in modalità Auto-Store consente di salvare in memoria gli spettri per banda d'ottava e di terzo d'ottava (in modalità AVR) assieme ai parametri visualizzati nella schermata SLM a cadenza pari al tempo Tint.

In qualsiasi momento è possibile memorizzare quanto visualizzato premendo per almeno 2 secondi il tasto REC. Non appena il dato viene salvato in memoria compare una schermata che consente di inserire il titolo della registrazione.

***Profilo temporale*** - Si veda anche la descrizione a pag. 22.

Con il tasto MODE ci si porta nella schermata PROFILO dove viene visualizzato, in forma grafica, il profilo temporale di un parametro. Mediante il tasto SELECT, si imposta il tempo di campionamento e si sceglie il parametro da visualizzare come descritto al paragrafo “MODALITÀ PROFILO TEMPORALE” a pag. 22. In alternativa è possibile impostare i parametri di acquisizione da menu, come descritto al capitolo “DESCRIZIONE DELLE FUNZIONI DEL MENU” a pag. 52.

Una volta impostati i parametri con il tasto START/STOP/RESET, si avvia l'esecuzione. Trascorso il tempo Tint (che è definito nella schermata SLM), appare l'indicazione HOLD e l'aggiornamento del profilo temporale viene momentaneamente sospeso. Lo strumento nel frattempo continua ad acquisire e, per riprendere l'aggiornamento, basta premere il tasto HOLD. Se si sta effettuando una registrazione continua, trascorso il tempo Tint l'acquisizione si arresta automaticamente.

In fase di misura è possibile bloccare temporaneamente l'aggiornamento del display premendo il tasto HOLD. L'aggiornamento riprende alla successiva pressione dello stesso tasto. Anche se il display non viene aggiornato lo strumento continua a misurare.

E' anche possibile bloccare temporaneamente l'acquisizione premendo il tasto PAUSE. In pausa è possibile azzerare il grafico premendo il tasto START/STOP/RESET. L'acquisizione riprende premendo un seconda volta il tasto PAUSE.

In qualsiasi momento è possibile attivare un cursore premendo il tasto CURSOR. Premendo il tasto CURSOR una seconda volta si attiverà un secondo cursore mentre, premendolo una terza volta, entrambi i cursori saranno attivati in “tracking”. Utilizzando le frecce LEFT e RIGHT sul tastierino è possibile portare i cursori selezionati nel punto desiderato per rilevare il livello misurato ed il tempo corrispondente di acquisizione. Premere il tasto CURSOR ancora una volta per disattivare i cursori.

In qualsiasi momento è possibile stampare quanto visualizzato premendo il tasto PRINT. Per attivare la stampa continua (Monitor) basta premere per alcuni secondi il tasto PRINT. La lettera M lampeggiante sovrapposta all'indicatore di stato segnala l'attivazione della funzione Monitor. La funzione Monitor rimane attiva anche passando ad altre schermate di misura ed è disattivabile premendo il tasto PRINT oppure fermando l'acquisizione con il tasto STOP.

***Spettro*** (spettri per bande d'ottava e, con l'opzione, di terzo d'ottava) - Si veda anche la descrizione a pag. 24.

Con il tasto MODE ci si porta nella schermata SPETTRO per bande d'ottava o per bande di terzo d'ottava dove viene visualizzato in forma grafica lo spettro di frequenza per bande a larghezza percentuale costante. Mediante il tasto SELECT, si imposta il tipo di analisi spettrale, il tempo di integrazione oppure di campionamento, il tipo di media ed il relativo peso e la ponderazione di frequenza del canale ausiliario a larga banda, come descritto al paragrafo “MODALITÀ SPETTRO (PER BANDE D'OTTAVA E DI TERZO D'OTTAVA)” a pag. 24.

In alternativa è possibile impostare i parametri di acquisizione da menu, come descritto al capitolo DESCRIZIONE DELLE FUNZIONI del MENU a pag. 52. Una volta impostati i parametri con il tasto START/STOP/RESET si avvia l'esecuzione. Trascorso il tempo Tint (che è in comune

con la schermata SLM), appare l'indicazione HOLD, l'aggiornamento dello spettro viene momentaneamente sospeso. Lo strumento nel frattempo continua ad acquisire e, per riprendere l'aggiornamento, basta premere il tasto HOLD.

Se si sta effettuando una registrazione continua, trascorso il tempo Tint, l'acquisizione si arresta automaticamente.

In fase di misura è possibile bloccare temporaneamente l'aggiornamento del display premendo il tasto HOLD. L'aggiornamento riprende alla successiva pressione dello stesso tasto. Anche se il display non viene aggiornato lo strumento continua a misurare.

E' possibile bloccare temporaneamente l'acquisizione premendo il tasto PAUSE. In PAUSE è possibile azzerare il grafico premendo il tasto START/STOP/RESET. L'acquisizione riprende premendo una seconda volta il tasto PAUSE.

In qualsiasi momento è possibile stampare quanto visualizzato premendo il tasto PRINT. Per attivare la stampa continua (Monitor) basta premere per alcuni secondi il tasto PRINT. La lettera M lampeggiante sovrapposta all'indicatore di stato indica l'attivazione della funzione Monitor. La funzione Monitor rimane attiva anche passando ad altre schermate di misura ed è disattivabile premendo il tasto PRINT oppure fermando l'acquisizione con il tasto STOP.

Premendo il tasto CURSOR è possibile attivare, in qualsiasi momento, un cursore. Premendo il tasto CURSOR una seconda volta si attiverà un secondo cursore, premendolo una terza volta, entrambi i cursori saranno attivati in "tracking". Utilizzando le frecce LEFT e RIGHT sul tastierino è possibile portare i cursori selezionati nel punto desiderato per rilevare il livello misurato e la frequenza centrale della banda selezionata. Premere il tasto CURSOR ancora una volta per disattivare i cursori. Premendo, per più di 2 secondi, il tasto CURSOR mentre i cursori sono già visibili, attiva il *calcolo delle curve isofoniche*, come descritto al paragrafo "Modalità Spettro (per bande d'Ottava e di Terzo d'Ottava) - Uso dei cursori" a pag. 26.

Il fonometro HD2110L dispone di tre distinte modalità di memorizzazione (le misure “Spettri per terzi d’ottava” e “FFT” sono opzionali):

1. La **Registrazione Continua** viene attivata premendo simultaneamente i tasti REC e START e comporta la memorizzazione di una o più delle schermate SLM, PROFILO, OTTAVE, T.OTTAVA, FFT e del profilo del Leq Short. Le schermate da memorizzare sono selezionabili individualmente nel menu *Registrazione*.

La schermata SLM, quando abilitata, viene registrata ogni 0.5 secondi.

La schermata PROFILO viene memorizzata ad intervalli corrispondenti al tempo di profilo impostato (MENU >> Generale >> Misure >> Tempo di profilo).

Le schermate OTTAVE e T.OTTAVA vengono memorizzate 2 volte al secondo se l’analisi spettrale avviene in modalità AVR, altrimenti, per le modalità MLT, MAX e MIN, le schermate vengono memorizzate ad intervalli corrispondenti al tempo impostato per il profilo dello spettro (MENU >> Generale >> Misure >> Tempo di profilo spettro).

Se viene abilitata la registrazione del profilo del Leq Short su 1/32s, vengono memorizzati 16 livelli 2 volte al secondo.

La banda selezionata dello spettro per banda fine (FFT) viene memorizzata 2 volte al secondo. E’ inoltre possibile memorizzare i dati dei gruppi Rapporto ed Eventi costituiti ciascuno da 5 parametri programmabili, spettri medi per banda d’ottava e di terzo d’ottava ed analisi statistica completa. I dati del gruppo Evento vengono memorizzati al termine di ciascun evento ed i dati del gruppo Rapporto vengono memorizzati ad intervalli programmabili da 1s ad 1 ora.

Il simbolo *REC* come indicatore di stato segnala quando il fonometro sta registrando. Premendo il tasto STOP la registrazione sarà ultimata e verrà richiesto di inserirne il titolo. Durante la registrazione è possibile premere il tasto PAUSE per sospendere la registrazione.

2. La modalità **Auto-Store** viene attivata con il parametro MENU >> Registrazione >> Auto-Store oppure premendo per almeno 2 secondi il tasto REC con il fonometro in STOP e scegliendo l’opzione *AUTO* quando viene richiesto di scegliere l’opzione di registrazione.

Premendo il tasto START lo strumento inizierà la registrazione e premendo il tasto STOP la registrazione sarà ultimata e verrà richiesto di inserirne il titolo. Il simbolo REC lampeggiante, sovrapposto all’indicatore di stato RUN, indica quando il fonometro sta registrando. Per disabilitare la modalità Auto-Store è sufficiente premere brevemente il tasto REC con il fonometro in STOP.

La modalità di registrazione Auto-Store consente di registrare automaticamente quanto visualizzato nelle schermate SLM, OTTAVE e T.OTTAVA al termine dell’intervallo di integrazione impostato (MENU >> Generale >> Misure >> Intervallo di integrazione); la misura verrà automaticamente interrotta subito dopo la registrazione.

3. La memorizzazione di una **singola schermata** si ottiene premendo per almeno due secondi il tasto REC con lo strumento in RUN oppure in STOP. Se lo strumento si trova in STOP viene dapprima chiesto se si desidera attivare la memorizzazione automatica oppure manuale; scegliendo quest’ultima saranno memorizzati i dati presenti sulla schermata corrente.

La *Registrazione Continua* permette di registrare il profilo temporale di livelli istantanei ed integrati e di effettuare contemporaneamente analisi multispettro anche massime o minime. E’ quindi possibile registrare, per esempio, 8 volte al secondo il livello di pressione sonora con costante di tempo FAST e, contemporaneamente, 2 volte al secondo i livelli con costante di tempo SLOW ed IMPULSE, il livello di picco, il Leq Short su 0.5s ed il livello percentile L<sub>95</sub>; nel contempo è possibile registrare lo spettro del livello di pressione sonora minimo con costante di tempo FAST.

## MISURA DELLA DOSE DI RUMORE

La **Dose** rappresenta la percentuale di un valore massimo di esposizione al rumore nell'arco di una giornata. È definita come:

$$D(Q) = \frac{100}{T_c} \cdot \int_0^T 10^{\frac{L-L_c}{q}} dt$$

dove:

$D(Q)$  = percentuale di esposizione per un fattore di scambio (Exchange Rate) pari a  $Q$ .

$T_c$  = durata di esposizione giornaliera (solitamente 8 ore).

$T$  = durata della misura.

$L$  = livello di pressione sonora quando è superiore al livello di soglia (Threshold Level) e  $-\infty$  altrimenti.

$L_c$  = livello di riferimento (Criterion Level) per un'esposizione giornaliera corrispondente al 100% di dose.

$Q$  = fattore di scambio (Exchange Rate).

$q$  = parametro dipendente dal fattore di scambio pari a:

- 10 per  $Q = 3\text{dB}$
- $5/\log 2$  per  $Q = 5\text{dB}$
- $4/\log 2$  per  $Q = 4\text{dB}$

Il fonometro calcola i parametri *DOSE (A)* che è la percentuale di dose effettiva e *DOSE,d (A)* che è la DOSE giornaliera stimata in base ai parametri programmati.

Il calcolo della DOSE è caratterizzato da tre parametri:

1. **DOSE Criterion** è il valore costante di SPL la cui esposizione continua per 8 ore determina una DOSE del 100%.
2. **Soglia DOSE** che rappresenta il livello di SPL al di sotto del quale la DOSE non viene aumentata.
3. **Fattore di scambio** è la variazione del valore di SPL che determina un raddoppio o un dimezzamento della durata dell'esposizione a parità di DOSE Criterion. Sono previsti i valori 3, 4 o 5dB.

I tre parametri di configurazione sono raccolti nel sottomenu Measurement (MENU >> Generale >> Misure): una volta impostati, spostarsi nel sottomenu Sound Level Meter (MENU >> Fonometro) e selezionare, in base al tipo di misura da effettuare, il parametro DOSE (A) o il parametro DOSE,d (A).

Il tempo di integrazione può essere inserito direttamente nella finestra di misura SLM. A questo punto lo strumento è pronto per eseguire la misura: premere il tasto START. Trascorso il tempo Tint, lo strumento si porta in stato di HOLD visualizzando la DOSE calcolata sul tempo impostato.

## ANALISI STATISTICA

Nella modalità di visualizzazione SLM sono selezionabili fino a 4 livelli percentili (MENU >> Generale >> Misure >> Livello Percentile 1-4) programmabili da  $L_1$  ad  $L_{99}$ . L'analizzatore statistico campiona il livello di pressione sonora ponderato A con costante di tempo FAST 8 volte al secondo. I livelli vengono accumulati in classi da 0.5dB. I livelli percentili vengono calcolati per interpolazione sulla distribuzione cumulativa.

E' possibile scegliere su quale parametro effettuare l'analisi statistica a scelta tra livello equivalente, livello di pressione sonora FAST e livello di picco. L'analisi statistica completa è disponibile con il grafico della distribuzione di probabilità e con il grafico dei livelli percentili da L<sub>1</sub> ad L<sub>99</sub>.

## STAMPA DEI DATI

In tutte le modalità di visualizzazione è possibile stampare in qualsiasi momento i valori relativi alla schermata attiva, qualunque sia la modalità di acquisizione dello strumento.

E' possibile anche attivare la funzione *Monitor* via seriale, mantenendo premuto il tasto PRINT per almeno 2 secondi.

Questa funzione consente di inviare all'interfaccia seriale quanto visualizzato in tempo reale. I dati inviati sono quelli della modalità di visualizzazione attiva al momento della pressione del tasto PRINT.

I dati vengono inviati continuamente finché viene premuto nuovamente il tasto PRINT oppure finché si entra in modalità di acquisizione STOP. La funzione Monitor è attivabile anche in modalità di acquisizione STOP; essa partirà non appena lo strumento passerà alla modalità RUN.

Il funzionamento del Monitor è indipendente dall'eventuale registrazione di dati in memoria.

**Utilizzando la funzione di Monitor è possibile, con l'ausilio di un PC, eseguire delle acquisizioni limitate unicamente dalla capacità di memoria del PC.**

## GUIDA ALLA RISOLUZIONE DEI PROBLEMI

Il fonometro HD2110L è dotato di un programma diagnostico (CHECK DIAGNOSTICO) che esamina automaticamente i parametri principali dello strumento. In qualsiasi momento è possibile eseguire questo programma per verificare il funzionamento dello strumento. (Si veda la descrizione a pag. 71).

Tra i parametri che vengono analizzati c'è la sensibilità del canale di amplificazione che include, attraverso un circuito a partizione di carica (CTC), la capacità del microfono. La misura viene effettuata ad 1 kHz.

Per analizzare il comportamento di tutta la catena di amplificazione alle diverse frequenze è disponibile il programma RISPOSTA IN FREQUENZA che esegue il rilievo della risposta in frequenza di tutta la catena di misura utilizzando la tecnica CTC (vedi pag. 67).

L'esecuzione periodica di questi due programmi consente di tenere sotto controllo lo stato dello strumento, incluso il microfono, e permette una pronta identificazione di potenziali problemi.

### CHECK DIAGNOSTICO

1. *Il programma CHECK DIAGNOSTICO fallisce*

Ripetere con batterie nuove dopo avere atteso il termine del tempo di stabilizzazione e, se il problema persiste, contattare l'assistenza.

### CALIBRAZIONE

1. *Il programma CALIBRAZIONE ELETTRICA fallisce*

Assicurarsi che lo strumento non sia sottoposto a rumori e/o vibrazioni elevati.

Ripetere dopo avere atteso il termine del tempo di stabilizzazione e, se il problema persiste, eseguire il programma CALIBRAZIONE ACUSTICA.

2. *Il programma CALIBRAZIONE ACUSTICA fallisce*

Assicurarsi che lo strumento non sia sottoposto a rumori e/o vibrazioni elevati e che calibratore acustico e fonometro siano stabilmente allineati ed il microfono sia inserito a fondo nella cavità del calibratore. Verificare che l'anello in gomma di tenuta sia presente ed integro.

Ripetere dopo avere atteso il termine del tempo di stabilizzazione e, se il problema persiste, caricare la calibrazione di fabbrica eseguendo questi passaggi:

- Assicurarsi che l'acquisizione sia in STOP.
- Rimuovere una delle batterie con lo strumento acceso: questa operazione assicura la scarica di tutti i circuiti interni dello strumento.
- Dopo un paio di minuti inserire nuovamente la batteria appena tolta **mantenendo premuto il tasto ENTER**. Lo strumento si accenderà e mostrerà una schermata di avviso relativa al caricamento della calibrazione di fabbrica. Lasciare il tasto ENTER e premere il tasto di destra del tastierino in corrispondenza della scritta CONTINUA.
- Dopo avere atteso il tempo di stabilizzazione eseguire il programma CALIBRAZIONE ACUSTICA.

In caso il programma fallisca, contattare l'assistenza.

### RISPOSTA IN FREQUENZA

1. *Il programma RISPOSTA IN FREQUENZA fallisce*

Assicurarsi che lo strumento non sia sottoposto a rumori e/o vibrazioni elevati.

Ripetere dopo avere atteso il termine del tempo di stabilizzazione. Se il problema persiste, riprovare dopo aver eseguito con successo il programma CALIBRAZIONE ELETTRICA.



## RIPRISTINO DEL SETUP DI FABBRICA

La configurazione di fabbrica dei parametri dello strumento (setup di fabbrica) può essere richiamata attraverso una combinazione di tasti. **Questa operazione non cancella il contenuto della memoria dati.**

Con strumento spento, accendere il fonometro tenendo premuto il tasto ENTER. Tutte le voci presenti nei menu vengono riportate contemporaneamente al valore dei parametri di fabbrica.

## RIPRISTINO DELLA CALIBRAZIONE DI FABBRICA

La calibrazione di fabbrica dello strumento può essere richiamata attraverso una combinazione di tasti. **Questa operazione non cancella il contenuto della memoria dati.**

Con strumento spento togliere una delle batterie ed attendere 5 minuti per la scarica completa dei circuiti interni del fonometro.

Inserire quindi la batteria mancante tenendo premuto il tasto ENTER: il fonometro si accenderà automaticamente. Confermare il caricamento della calibrazione di fabbrica.

I parametri di calibrazione del fonometro vengono riportati ai livelli dell'ultima calibrazione di fabbrica eseguita; tutte le voci presenti nei menu vengono riportate contemporaneamente al valore dei parametri di fabbrica (default).

## PROBLEMI VARI

### 1. Dopo il cambio delle batterie lo strumento non si accende.

- Togliere una delle batterie ed attendere 5 minuti prima di inserirla nuovamente. Lo strumento deve accendersi automaticamente all'inserzione della batteria mancante.

### 2. I livelli sonori rilevati dal fonometro sembrano non corretti.

- Assicurarsi che non sia presente condensa sulla capsula o sul preamplificatore. Evitare di accendere il fonometro in condizioni di possibile formazione di condensa. Per effettuare misure in condizioni di umidità elevata oppure con pioggia utilizzare l'unità microfonica per esterni HDWME.
- Verificare che sia trascorso il tempo di warm-up segnalato dal lampeggiare della lettera "W" sovrapposta all'indicatore di stato in alto a sinistra del display.
- Verificare con il calibratore acustico l'accuratezza della misura.
- Caricare la calibrazione di fabbrica.
- Verificare che la griglia forata, di protezione del microfono, sia avvitata a fondo sulla capsula.

### 3. Il fonometro si spegne automaticamente subito dopo la schermata di presentazione all'accensione.

- Le batterie sono scariche.

### 4. Il fonometro non comunica con il PC.

- Verificare che le velocità di comunicazione del PC e del fonometro siano le stesse (Menu >> Generale >> Input/Output >> Baud rate).
- Verificare che il cavo di connessione sia correttamente inserito nel fonometro e che sia connesso ad una porta seriale RS232 o USB del PC con la voce MENU >> Generale >> Input/Output >> Disp. Seriale impostata rispettivamente su RS232 o USB.
- Se si utilizza l'interfaccia USB, verificare che il driver sia stato correttamente installato.
- Se si sta utilizzando un programma NoiseStudio, disabilitare la funzione AutoDetect (Menu Option >> Port Settings) ed impostare la connessione direttamente alla COM cui è stato collegato il fonometro con un baud rate corrispondente al valore impostato nel fonometro (Menu >> Generale >> Input/Output >> Baud rate).

5. *Non è possibile attivare la registrazione continua. Premendo i tasti REC e RUN lo strumento inizia le misure senza registrazione.*
- Lo strumento non ha memoria disponibile per ulteriori dati. Scaricare i dati e/o cancellare la memoria.

## DESCRIZIONE TASTIERA



### Tasto ALPHA

Il tasto consente l'inserimento di caratteri alfanumerici nel titolo delle registrazioni: nel caso di registrazioni singole, premendo per almeno 2 secondi il tasto REC, viene proposto il titolo del file di registrazione (il numero progressivo e la data vengono inseriti dallo strumento e non sono modificabili). In questa stringa, che è inizialmente vuota, possono essere inseriti dei caratteri alfanumerici. La richiesta di inserimento di un titolo appare anche al termine di una sessione di registrazione multipla (si veda anche la descrizione del tasto REC più avanti).

Premere ALPHA. Il cursore cambia forma: da rettangolo pieno diventa una linea segnalando in questo modo che si è passati alla modalità di inserimento caratteri. Premere in successione i tasti alfanumerici per inserire i caratteri desiderati confermando ciascun carattere con il tasto ENTER. Se la lettera da inserire appartiene ad un tasto diverso dall'ultimo premuto, non è necessario confermare l'inserimento con il tasto ENTER e l'avanzamento nella stringa è automatica. Il tasto DOWN serve per cancellare all'indietro. Per salvare il nome del file uscire dalla modalità di inserimento caratteri premendo nuovamente il tasto ALPHA e quindi confermare il titolo premendo il tasto ENTER.

Il tasto ALPHA permette anche di inserire un marker durante la registrazione continua, per segnalare eventi particolari. Per memorizzare un marker è sufficiente premere il tasto ALPHA e quindi un tasto numerico da 1 a 9.



### Tasto HOLD

Il tasto HOLD può essere utilizzato per bloccare temporaneamente l'aggiornamento del display mentre lo strumento continua ad eseguire le misure richieste. Una "H" nell'angolo in alto a sinistra indica che il display si trova in questa fase. Premere nuovamente il tasto per ritornare alla misura normale.

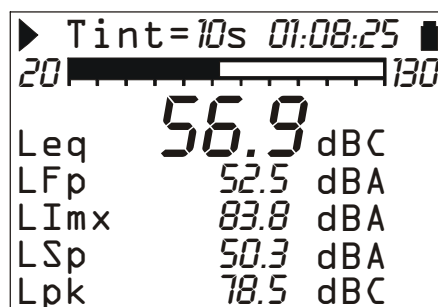
Mentre lo strumento si trova in HOLD è possibile passare da una schermata all'altra, attivare i cursori nelle schermate grafiche, stampare e memorizzare i dati.

La registrazione e la funzione di monitor non sono influenzate dallo stato HOLD.

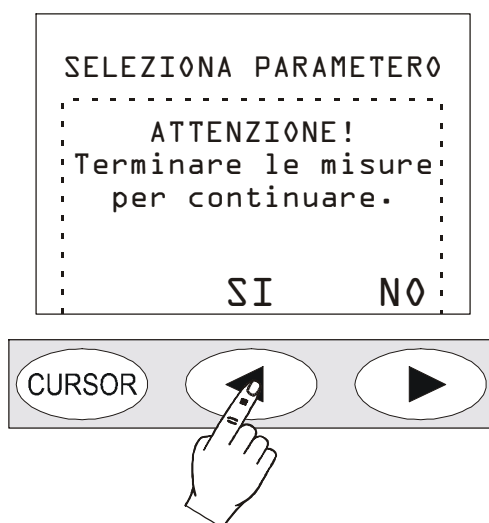


### Tasto ON/OFF

L'accensione e lo spegnimento dello strumento si effettuano premendo, **per almeno un secondo**, il tasto ON/OFF. All'accensione lo strumento mostra per alcuni istanti il logo Delta Ohm e la versione del programma (Firmware) e quindi si porta nella modalità di funzionamento SLM (Sound Level Meter) visualizzando in forma numerica 5 parametri di misura istantanei o integrati.



Prima di spegnere lo strumento è necessario terminare la misura in corso premendo il tasto STOP. In caso contrario appare un messaggio che richiede di fermare la misura corrente: "ATTENZIONE! Terminare la misura per continuare".



Premendo SI, è possibile poi spegnere lo strumento con il tasto ON/OFF.

### Funzione "Auto-Spegnimento"

La funzione di auto-spegnimento (*AutoPowerOff*) interviene se lo strumento è in STOP da almeno 5 minuti e, in questo intervallo di tempo, non viene premuto alcun tasto. Prima di spegnersi viene emessa una serie di beep di avvertimento: in questa fase, se lo si desidera, è possibile premere un tasto per evitare lo spegnimento.

La funzione può essere disabilitata da MENU agendo sulla voce "Auto-Spegnimento" (MENU >> Generale >> Sistema >> Auto-Spegnimento = OFF). In questo caso il simbolo della batteria lampeggia per ricordare che lo strumento non si spegnerà automaticamente ma solo con la pressione del tasto <ON/OFF>. La funzione di spegnimento automatico viene temporaneamente disabilitata quando si usa l'alimentazione esterna, quando lo strumento è in acquisizione o sta eseguendo un programma.



## Tasto MENU

Il fonometro HD2110L necessita, in funzione dell'uso, dell'impostazione di diversi parametri. Premendo il tasto MENU, si accede a tutti i parametri dello strumento che sono raggruppati nelle seguenti funzioni:

- Generale
- Fonometro (SLM)
- Analizzatore di Spettro
- Analizzatore Statistico
- Trigger
- Registrazione
- Calibrazione
- Sequenziatore

All'interno dei menu è possibile:

- spostarsi da una voce all'altra all'interno di uno stesso menu, usando le frecce UP e DOWN;
- selezionare una voce da modificare premendo il tasto SELECT,
- modificare il parametro selezionato con i tasti UP e DOWN,
- confermare la modifica con il tasto ENTER, oppure scartare la modifica con il tasto MENU
- uscire dal sottomenu o dal menu con il tasto MENU.

Alcuni dei parametri disponibili a menu sono impostabili anche direttamente in fase di misura (come per esempio l'intervallo di integrazione, il range di misura, ecc.).

Accedendo ai menu, è possibile visualizzare la quantità di memoria disponibile, la carica residua delle batterie, oltre alla data e l'ora.

Una descrizione dettagliata delle voci del menu si trova a pag. 52 e seguenti.



## Tasto PRINT

La pressione del tasto PRINT consente l'invio all'interfaccia seriale RS232 di quanto visualizzato, in un formato direttamente stampabile.

I dati possono essere inviati ad una stampante seriale connessa direttamente al fonometro come per es. la HD40.1 (si veda a pag. 105). In questo caso impostare il parametro MENU >> Generale >> I/O >> Disp. Seriale su PRINTER per ottenere un formato di stampa compatibile con stampanti portatili a 24 colonne.

**Se il tasto viene premuto e subito rilasciato, viene inviata alla seriale la singola schermata; una lettera P si accende sul display. Una pressione prolungata del tasto avvia la stampa continua, segnalata dall'accensione della lettera M:** per terminarla premere una seconda volta lo stesso tasto PRINT oppure bloccare l'acquisizione, premendo il tasto START/STOP/RESET.



## Tasto PROG

Con il tasto PROG si accede al menu dei programmi dello strumento. Con le frecce UP e DOWN si seleziona il programma; con il tasto SELECT si attiva il programma selezionato. I programmi disponibili sono i seguenti:

- *Navigatore* (Visualizzazione dati in memoria): permette di accedere ai dati memorizzati e rivederli sul display dello strumento. Funziona sia con i dati a singola sessione sia con le sessioni multiple. (Si vedano i dettagli da pag. 60).
- *Calibrazione Elettrica*: mono-frequenza con segnale elettrico proveniente dal generatore di riferimento sinusoidale ad 1kHz incorporato. (Si vedano i dettagli da pag. 67).
- *Calibrazione Acustica*: utilizzata per la messa in punto ad 1kHz con calibratore acustico. (Si vedano i dettagli da pag. 69).
- *Risposta in Frequenza*: visualizza in forma grafica la differenza della risposta del complesso microfono-preamplificatore-strumento rispetto a quella memorizzata nell'ultima taratura periodica oppure a quella memorizzata nella taratura "di fabbrica" a strumento nuovo.
- *Check Diagnostico*: programma di verifica di una serie di parametri dello strumento: le tensioni di alimentazione, la polarizzazione del microfono, la sua sensibilità, il tipo di preamplificatore ed i parametri ambientali (Si vedano i dettagli da pag. 71).
- *Riverbero*: è un programma di calcolo del tempo di riverbero (opzionale) in grado di calcolare i tempi di riverbero sia con la tecnica della interruzione della sorgente sonora che con la tecnica della sorgente impulsiva. (Si vedano i dettagli da pag. 72).
- *Scarico dati su MC*: questo programma permette di copiare le misure registrate nel fonometro nella scheda di memoria esterna (si veda il capitolo sul lettore di MC a pag. 108).

Il programma selezionato viene eseguito alla pressione del tasto SELECT; alcuni programmi possono essere interrotti in qualsiasi momento premendo il tasto RIGHT del tastierino. Accedendo ai programmi, viene visualizzata la quantità di memoria disponibile e la carica residua delle batterie, oltre alla data e l'ora.



## Tasto PAUSE/CONTINUE

Il tasto PAUSE sospende il calcolo delle misure integrate (Leq, SEL, livelli massimo e minimo, spettri, ecc.) e l'eventuale registrazione. I livelli istantanei continuano ad essere misurati e visualizzati nella schermata SLM. Per riprendere la misura, premere nuovamente il tasto PAUSE/CONTINUE.

Se in fase di pausa, durante una sessione di misure, viene premuto il tasto RUN/STOP/RESET i parametri integrati vengono azzerati. Per i parametri integrati visualizzati nella schermata SLM è possibile cancellare gli ultimi secondi di integrazione (per esempio per eliminare l'effetto di un rumore indesiderato) utilizzando i tasti LEFT e RIGHT in fase di pausa. L'intervallo massimo di cancellazione è programmabile da 5 secondi a 60 secondi in 5 passi accedendo al MENU >> Generale >> Misure.

Se in fase di pausa durante il replay di una registrazione viene premuto il tasto RUN/STOP/RESET, viene visualizzato il successivo dato memorizzato. Se il tasto RUN/STOP/RESET viene mantenuto premuto, il replay avviene in modalità accelerata.



### Tasto REC

Se viene premuto per almeno 2 secondi il tasto REC, quanto visualizzato viene salvato in memoria come singolo report. E' possibile attivare anche la registrazione automatica dei parametri visualizzati nelle schermate SLM, OTTAVE e T.OTTAVA (vedi LA FUNZIONE REGISTRAZIONE a pag. 46).

Il tasto REC in combinazione con START/STOP/RESET attiva la registrazione continua dei dati in memoria.

**Partendo dalla condizione di STOP**, tenendo premuto il tasto REC e premendo il tasto START/STOP/RESET, si avvia la memorizzazione continua dei dati da acquisire: le schermate memorizzate sono quelle selezionate nel menu alla voce DataLogger (MENU >> Registrazione).

Si possono abilitare una o più delle schermate disponibili.

Per terminare la memorizzazione, premere il tasto START/STOP/RESET: verrà proposta la schermata di inserimento del titolo. Lo strumento aggiunge al titolo un numero progressivo non modificabile di identificazione e la data corrente. Premere ENTER per confermare o ALPHA per inserire o modificare il titolo.



### Tasto RUN/STOP/RESET

La pressione del tasto RUN, partendo dalla fase di stop, azzerà (RESET) i valori iniziali delle misure integrate come Leq, SEL, livelli MAX/MIN, ecc. e ne avvia (START) una nuova esecuzione. La successiva pressione del tasto STOP termina l'esecuzione delle misure integrate. **Se viene premuto in fase di pausa, comporta l'azzeramento di tutti i parametri integrati.**

In fase di replay dei dati memorizzati, se viene premuto in fase di pausa comporta la visualizzazione del dato successivo; se viene mantenuto premuto comporta l'esecuzione del replay in modalità accelerata.



### Tasto SELECT

Il tasto SELECT attiva la modalità di modifica dei parametri visualizzati selezionandoli in sequenza. Per es. nella visualizzazione del profilo temporale è possibile selezionare e modificare i seguenti parametri: intervallo di acquisizione e parametro visualizzato.

Usare le quattro frecce per modificare i valori: con le frecce UP e DOWN si modifica il parametro mentre con le frecce LEFT e RIGHT si passa dalla selezione del parametro di misura alla selezione della relativa ponderazione di frequenza.

Al termine delle modifiche attendere qualche secondo oppure premere ENTER per confermare ed uscire dalla modalità di selezione.

---

8 WXYZ



### Tasto UP

Il tasto UP seleziona la riga precedente nei menu oppure incrementa il parametro selezionato. Diminuisce l'inizio scala ed il fondo scala verticale del profilo temporale e degli spettri di frequenza spostando in questo modo il grafico verso l'alto.

---

9-#



### Tasto MODE

Il tasto MODE seleziona in sequenza le diverse modalità di visualizzazione dello strumento passando da *SLM* a *profilo temporale*, *spettro per ottave*, *spettro in terzi d'ottava* (opzione "Terzi d'ottava"), *distribuzione di probabilità dei livelli sonori* e *grafico dei livelli percentili*. Con l'opzione "FFT" sono incluse nella sequenza anche le schermate *FFT*.

E' possibile disabilitare la visualizzazione delle schermate relative all'analizzatore di spettro e dell'analizzatore statistico mediante appositi parametri nei rispettivi menu.

Tutte le modalità di funzionamento sono simultaneamente attive anche se non visualizzate: utilizzando il tasto MODE, è possibile scegliere la modalità di visualizzazione senza influire sull'acquisizione.

---

-



### Tasto LEFT

ZOOM ⊖

Il tasto LEFT seleziona, in menu, il carattere precedente nella riga attiva. Passa al parametro precedente durante la selezione di una variabile di misura che necessita della definizione di più di un parametro (vedi SELECT).

Comprime (ZOOM-) la scala verticale del profilo temporale e degli spettri di frequenza.



### Tasto ENTER

Il tasto ENTER conferma il parametro selezionato. Durante l'impostazione dei parametri da menu, per uscire dalla fase di impostazione di un parametro senza salvarlo, premere un tasto qualsiasi **esclusi SELECT, ENTER e le quattro frecce**, oppure premere MENU.

Mantenendo premuto ENTER durante l'accensione, viene caricata la configurazione di fabbrica





### Tasto RIGHT

Il tasto RIGHT seleziona il carattere seguente nella riga attiva del menu. Passa al parametro successivo durante la selezione di una variabile di misura che necessita della definizione di più di un parametro (vedi SELECT).

Espande (ZOOM+) la scala verticale del profilo temporale e degli spettri di frequenza.



### Tasto DOWN

Il tasto DOWN seleziona la riga seguente nei menu oppure decrementa il parametro selezionato.

Aumenta l'inizio scala ed il fondo scala verticale del profilo temporale e degli spettri di frequenza spostando in questo modo il grafico verso il basso.



### Tasto CURSOR (Tastierino)

In presenza di un grafico, attiva i cursori. Premendo ripetutamente il tasto, vengono attivati in successione il primo cursore L1, il secondo cursore L2 od entrambi in “tracking” ( $\Delta L$ ): alla successiva pressione del tasto, i cursori vengono disabilitati.

Il cursore selezionato lampeggiante viene spostato sul grafico con le frecce LEFT e RIGHT del tastierino.

Nella porzione superiore del display vengono visualizzati i relativi valori.

Nel profilo temporale vengono indicati il tempo ed il livello oppure la distanza temporale e la differenza di livello tra i due cursori.

Nella modalità di funzionamento come analizzatore di spettro viene visualizzato, a partire da sinistra, il parametro di misura scelto unitamente al livello sonoro ed alla frequenza centrale corrispondente alla banda selezionata dal cursore. Il cursore può anche selezionare il livello a banda larga posto sulla destra del display.

**Tenendo premuto il tasto CURSOR per almeno 2 secondi**, quando è visualizzato lo spettro per terzi d'ottava (opzione “Terzi d’ottava”), si attiva il tracciamento delle *curve isofoniche* (secondo ISO226/2003). Questa funzione è utile, per es., nella ricerca delle componenti tonali secondo il decreto del 16 marzo 1998 (si veda in Appendice a pag. 159 una descrizione dettagliata).

Per disabilitare il tracciamento delle isofoniche, premere nuovamente il tasto CURSOR per almeno 2 secondi.

Con curva isofonica attiva, i cursori svolgono delle funzioni aggiuntive rispetto alla visualizzazione normale descritta sopra: al cursore L1 è associato il tracciamento dell'isofonica, L2 mantiene le funzioni normali,  $\Delta L$  presenta due valori: il primo rappresenta, come nel caso normale, la differenza  $L_2-L_1$ ; il secondo fornisce la differenza tra  $L_2$  e l'isofonica.

---



#### **Tasto LEFT (Tastierino)**

Il tasto LEFT sposta a sinistra il cursore o i due cursori attivi (lampeggianti).

Nella schermata della *FFT* viene utilizzato per spostare l'asse delle frequenze verso il basso quando i cursori non sono attivi.

Nella schermata del profilo di decadimento (*misura del tempo di riverberazione*) viene utilizzato per spostare l'asse del tempo verso il basso quando i cursori non sono attivi.

---



#### **Tasto RIGHT (Tastierino)**

Il tasto RIGHT sposta a destra il cursore o i due cursori attivi (lampeggianti).

Nella schermata della *FFT* viene utilizzato per spostare l'asse delle frequenze verso l'alto quando i cursori non sono attivi.

Nella schermata del profilo di decadimento (*misura del tempo di riverberazione*) viene utilizzato per spostare l'asse del tempo verso l'alto quando i cursori non sono attivi.

## APPENDICI

### A1. PARAMETRI DI MISURA DELL'HD2110L

Vengono riportati, nei paragrafi seguenti, i parametri acustici visualizzabili numericamente o graficamente e memorizzabili con le relative sigle usate per identificarli.

#### PARAMETRI ACUSTICI VISUALIZZABILI NUMERICAMENTE

##### Livelli acustici istantanei aggiornati ogni 0.5s

###### Banda larga

PARAMETRO	SIGLA	DEFINIZIONE	POND. FREQ	POND. TEMP
$L_{Xeq(Short)}$	$LeqS$ dBX	Livello equivalente breve (0.5s)	X=Z, C, A	-
$L_{XYp}$	$LYp$ dBX	Livello di pressione sonora (SPL) <sup>5</sup>	X=Z, C, A	Y=F, S, I
$L_{Xpk}$	$Lpk$ dBX	Livello di picco istantaneo	X=Z, C	-

##### Livelli acustici integrati

###### Banda larga

PARAMETRO	SIGLA	DEFINIZIONE	POND. FREQ	POND. TEMP
$L_{Xeq}$	$Leq$ dBX	Livello continuo equivalente	X=Z, C, A	-
$L_{XYmax}$	$LYmx$ dBX	Livello massimo di pressione sonora ( $SPL_{max}$ )	X=Z, C, A	Y=F, S, I
$L_{XYmin}$	$LYmn$ dBX	Livello minimo di pressione sonora ( $SPL_{min}$ )	X=Z, C, A	Y=F, S, I
$L_{Xpkmax}$	$Lpkmx$ dBX	Livello massimo di picco	X=Z, C	-
$L_{nn}$	$Li, i=1 \div 4$ $nn\%$	Percentile $nn\%$ con $nn=1 \div 99$ <sup>6</sup>	A	F

<sup>5</sup> Viene visualizzato il livello massimo raggiunto ogni 0.5s.

<sup>6</sup> E' possibile programmare fino a quattro livelli percentili diversi.

**Ponderazione A**

PARAMETRO	SIGLA	DEFINIZIONE	POND. FREQ	POND. TEMP
$L_{AE}$	LE dBA	Livello di esposizione per la durata della misura (SEL)	A	-
$Dose\%_A$	Dose %	Percentuale di dose con fattore di scambio, livello di soglia e criterio programmabili	A	-
$Dose\%_{A,d}$	Dose,d %	Dose stimata giornaliera con fattore di scambio, livello di soglia e criterio programmabili	A	-
$LA_{eq}$	LeqI dBA	Livello continuo equivalente ponderato A con costante di tempo Impulse	A	I

**Altri**

PARAMETRO	SIGLA	DEFINIZIONE	POND. FREQ	POND. TEMP
Sovraccarico%	OL %	Percentuale del tempo di misura nel quale avviene un sovraccarico	-	-

## Profilo Temporale

### Livelli a banda larga

PARAMETRO	SIGLA	DEFINIZIONE	POND. FREQ	POND. TEMP
L <sub>Xpkmax</sub>	L <sub>pkmx</sub> dBX	Livello di picco massimo	X=Z, C	-
L <sub>Xeq</sub>	L <sub>eq</sub> dBX	Livello equivalente	X=Z, C, A	-
L <sub>XYmax</sub>	L <sub>Ymx</sub> dBX	Livello massimo di pressione sonora (SPL <sub>max</sub> )	X=Z, C, A	Y=F, S, I
L <sub>XYmin</sub>	L <sub>Ymn</sub> dBX	Livello minimo di pressione sonora (SPL <sub>min</sub> )	X=Z, C, A	Y=F, S, I

### Livelli a banda percentuale costante

PARAMETRO	SIGLA	DEFINIZIONE	POND. FREQ	POND. TEMP
L <sub>OCTeq</sub>	L <sub>Oeq</sub> dB{FC}	Livello equivalente per bande d'ottava	Ottave FC=16Hz ÷ 16kHz	-
L <sub>OCTYmax</sub>	L <sub>OYmx</sub> dB{FC}	Valore massimo del livello di pressione sonora per bande d'ottava (SPL <sub>max</sub> )	Ottave FC=16Hz ÷ 16kHz	Y=F, S
L <sub>OCTYmin</sub>	L <sub>OYmn</sub> dB{FC}	Valore minimo del livello di pressione sonora per bande d'ottava (SPL <sub>min</sub> )	Ottave FC=16Hz ÷ 16kHz	Y=F, S
L <sub>TOCTeq</sub>	L <sub>TOeq</sub> dB{FC}	Livello equivalente per bande di terzo d'ottava	Terzi d'ottava FC=16Hz ÷ 20kHz	-
L <sub>TOCTYmax</sub>	L <sub>TOYmx</sub> dB{FC}	Valore massimo del livello di pressione sonora per bande di terzo d'ottava (SPL <sub>max</sub> )	Terzi d'ottava FC=16Hz ÷ 20kHz	Y=F, S
L <sub>TOCTYmin</sub>	L <sub>TOYmn</sub> dB{FC}	Valore minimo del livello di pressione sonora per bande di terzo d'ottava (SPL <sub>min</sub> )	Terzi d'ottava FC=16Hz ÷ 20kHz	Y=F, S

## Analisi statistica

PARAMETRO	SIGLA	DEFINIZIONE	POND. FREQ	POND. TEMP
L <sub>Xpk</sub>	L <sub>Xpk</sub>	Livello di picco	X=Z, C	-
L <sub>Xeq</sub>	L <sub>Xeq</sub>	Livello equivalente	X=Z, C, A	-
L <sub>XFp</sub>	L <sub>XFp</sub> dBX	Livello di pressione sonora con costante di tempo FAST (SPL)	X=Z, C, A	F

## PARAMETRI ACUSTICI MEMORIZZABILI

### Livelli acustici del gruppo Misure

Tutti i livelli visualizzabili, descritti precedentemente, relativi alle schermate SLM, PROFILO, OTTAVE e, con l'opzione, T.OTTAVA.

Con l'opzione FFT, sono memorizzabili inoltre il profilo LAeq integrato ogni 1/32s e l'analisi spettrale per banda fine (FFT) calcolata ogni 0.5s.

### Livelli acustici del gruppo Rapporto

#### 5 Parametri a scelta tra

PARAMETRO	SIGLA	DEFINIZIONE	POND. FREQ	POND. TEMP
L <sub>Xeq</sub>	Leq dBX	Livello continuo equivalente	X=Z, C, A	
L <sub>XYmax</sub>	LYmx dBX	Livello massimo di pressione sonora (SPL <sub>max</sub> )	X=Z, C, A	Y=F, S, I
L <sub>XYmin</sub>	LYmn dBX	Livello minimo di pressione sonora (SPL <sub>min</sub> )	X=Z, C, A	Y=F, S, I
L <sub>Xpk</sub>	Lpk dBX	Livello massimo di picco	X=Z, C	
SEL	LE dBA	Livello di esposizione sonora	A	
L <sub>nn</sub>	Li, i=1÷4 nn%	Percentile nn% con nn=1÷99 <sup>7</sup>		
LAeq	LeqI dBA	Livello continuo equivalente ponderato A con costante di tempo Impulse	A	I

#### Spettro medio (AVR) per banda d'ottava e di terzo d'ottava

#### Analisi statistica su un parametro a scelta tra

PARAMETRO	SIGLA	DEFINIZIONE	POND. FREQ	POND. TEMP
L <sub>Xeq</sub>	Leq dBX	Livello continuo equivalente	X=Z, C, A	
L <sub>XF</sub>	LFp dBX	Livello di pressione sonora con costante di tempo FAST (SPL <sub>FAST</sub> )	X=Z, C, A	F
L <sub>Xpk</sub>	Lpk dBX	Livello di picco	X=Z, C	

### Livelli acustici del gruppo Evento

#### 5 Parametri a scelta tra

PARAMETRO	SIGLA	DEFINIZIONE	POND. FREQ	POND. TEMP
L <sub>Xeq</sub>	Leq dBX	Livello continuo equivalente	X=Z, C, A	
L <sub>XYmax</sub>	LYmx dBX	Livello massimo di pressione sonora (SPL <sub>max</sub> )	X=Z, C, A	Y=F, S, I

<sup>7</sup> E' possibile programmare fino a quattro livelli percentili diversi.

PARAMETRO	SIGLA	DEFINIZIONE	POND. FREQ	POND. TEMP
$L_{XYmin}$	$LY_{mn}$ dBX	Livello minimo di pressione sonora (SPL <sub>min</sub> )	X=Z, C, A	Y=F, S, I
$L_{Xpk}$	$L_{pk}$ dBX	Livello massimo di picco	X=Z, C	
SEL	LE dBA	Livello di esposizione sonora	A	
$LA_{Ieq}$	$LeqI$ dBA	Livello continuo equivalente ponderato A con costante di tempo Impulse	A	I

*Spettro medio (AVR) per banda d'ottava e di terzo d'ottava*

*Analisi statistica su un parametro a scelta tra*

PARAMETRO	SIGLA	DEFINIZIONE	POND. FREQ	POND. TEMP
$L_{Xeq}$	$Leq$ dBX	Livello continuo equivalente	X=Z, C, A	
$L_{XF}$	$LFp$ dBX	Livello di pressione sonora con costante di tempo FAST (SPL <sub>FAST</sub> )	X=Z, C, A	F
$L_{Xpk}$	$L_{pk}$ dBX	Livello di picco	X=Z, C	

## A2. CAPACITÀ DELLA MEMORIA DURANTE LA FUNZIONE DI REGISTRAZIONE

La tabella che segue riporta la capacità di memorizzazione del fonometro in funzionamento come datalogger (Registrazione Continua) espressa come tempo necessario al riempimento della memoria.

Il simbolo • indica le funzioni attive.

SLM	Profilo Temporale <sup>8</sup>	Ottave	Terzi d'ottava	Tempo (in ore)
•				68
	•			77
		•		37
			•	16
•	•			46
•		•		28
•			•	14
	•	•		30
	•		•	14
		•	•	12
•	•	•		23
•	•		•	12
•		•	•	11
	•	•	•	11
•	•	•	•	10

Per stimare la capacità di memoria bisogna considerare la frequenza con cui i dati vengono memorizzati e la dimensione delle singole memorizzazioni. L'occupazione, per registrazioni continue, di una singola memorizzazione, per ciascuno dei possibili parametri di misura, è fornita nella seguente tabella.

Misure	Tempo di profilo [s]	Occupazione [bytes/s]
HEADER	-	14
SLM	1/2	20
PROFILO	1/8	16
	1/4	8
	1/2	4
	≥ 1s	2/tempo di profilo in sec
SPETTRO OTTAVA	1/2	48
	≥ 1s	24/ tempo di profilo in sec
SPETTRO TERZI D'OTTAVA	1/2	132
	≥ 1s	66/ tempo di profilo in sec
SPETTRO FFT	1/2	916
LEQ SHORT	1/32	64

La memorizzazione di rapporti ed eventi avviene per unità (record) che vengono registrate in corrispondenza a ciascun intervallo di rapporto (Menu >> Generale >> Misure >> Intervallo di rapporto) oppure per ciascun evento. Ciascuna unità è composta da una intestazione (header) seguita dai pa-

<sup>8</sup> Si è considerata la massima frequenza di campionamento pari ad 8 campioni/s.



parametri abilitati nel menu Registrazione >> Rapporto ed Evento. La tabella seguente riporta l'occupazione di ciascun blocco che compone una unità (record).

<b>Rapporto o Evento</b>	<b>Occupazione [bytes]</b>
HEADER	7
PARAMETRI	10
SPETTRO OTTAVA	24
SPETTRO TERZI D'OTTAVA	66
STATISTICA	481

Dalle tabelle è possibile, per esempio, calcolare la capacità di memoria nei casi seguenti:

- Registrazione continua di SLM, PROFILO (1/8s), SPETTRO DI TERZI D'OTTAVA (minimo ogni 10s):

$$14+20+16+66/10 = 56.6 \text{ bytes/s} \gg \text{massima durata} = 8\text{MB}/56.6 \sim 40 \text{ ore}$$

- Registrazione rapporti ogni 10 minuti (Menu >> Generale >> Misure >> Int. Rapporto >> 10 min), contenenti i 5 PARAMETRI (Menu >> Registrazione >> Rapporto >> Parametri >> ON), lo SPETTRO PER TERZI D'OTTAVA (Menu >> Registrazione >> Rapporto >> Spettro T.Ott. >> ON) e l'ANALISI STATISTICA (Menu >> Registrazione >> Rapporto >> Statistica >> ON):

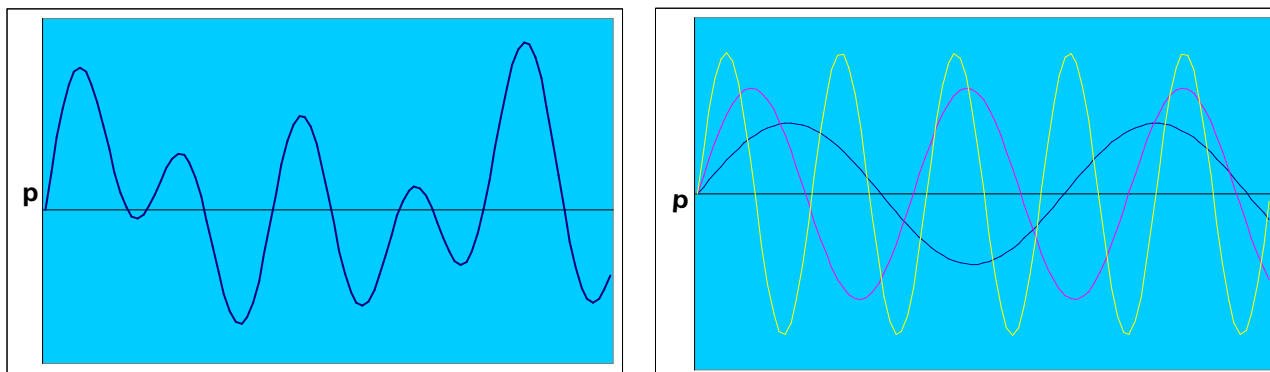
$$6 \cdot (7+10+66+481) = 3384 \text{ bytes/ora} \rightarrow \text{massima durata} = 8\text{MB}/(3384 \cdot 24) \sim 103 \text{ giorni}$$

La tabella che segue riporta la capacità di memorizzazione del fonometro in modalità Auto-Store, che memorizza automaticamente, ad ogni intervallo pari al tempo di integrazione impostato, i parametri della vista SLM con spettri medi (AVR) d'ottava e di terzo d'ottava. La capacità di memoria è espressa come tempo necessario al suo riempimento.

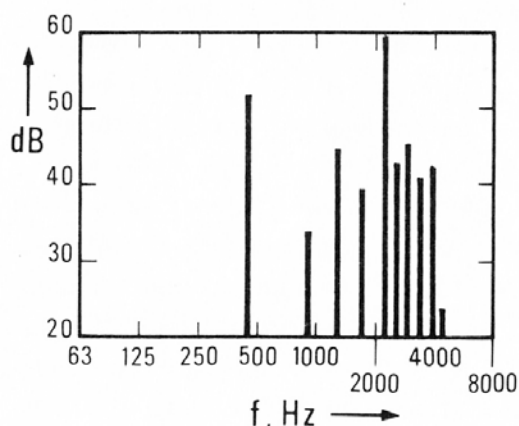
<b>Intervallo di integrazione</b>	<b>Capacità</b>
5s	> 90 ore
1m	> 45 giorni
10m	> 1 anno

### A3. MISURA DELLO SPETTRO DEL SEGNALE SONORO MEDIANTE TRASFORMATA VELOCE DI FOURIER (FFT)

Il teorema di Fourier dimostra che qualsiasi forma d'onda nel dominio del tempo può essere rappresentata dalla somma, opportunamente pesata, di una serie di funzioni seno e coseno.



L'analisi di spettro mediante FFT consiste nel calcolare le ampiezze, cioè i pesi, delle componenti seno e coseno che compongono il segnale sonoro: il livello sonoro viene campionato, a frequenza elevata rispetto alla banda audio di interesse (ad esempio a 48 kHz), viene quindi calcolata, applicando l'algoritmo della trasformata di Fourier veloce (**FFT**), l'ampiezza di ciascuna delle componenti seno e coseno che compongono il segnale audio; viene infine visualizzato, in forma grafica, lo spettro delle ampiezze in funzione della frequenza, cioè lo spettrogramma.



L'analisi di spettro, in aggiunta alla misura del livello sonoro a banda larga (ad esempio con ponderazione A), fornisce informazioni quali la possibile “concentrazione” del rumore in alcune frequenze (*componenti tonali*) oppure permette di determinare il *livello di distorsione*.

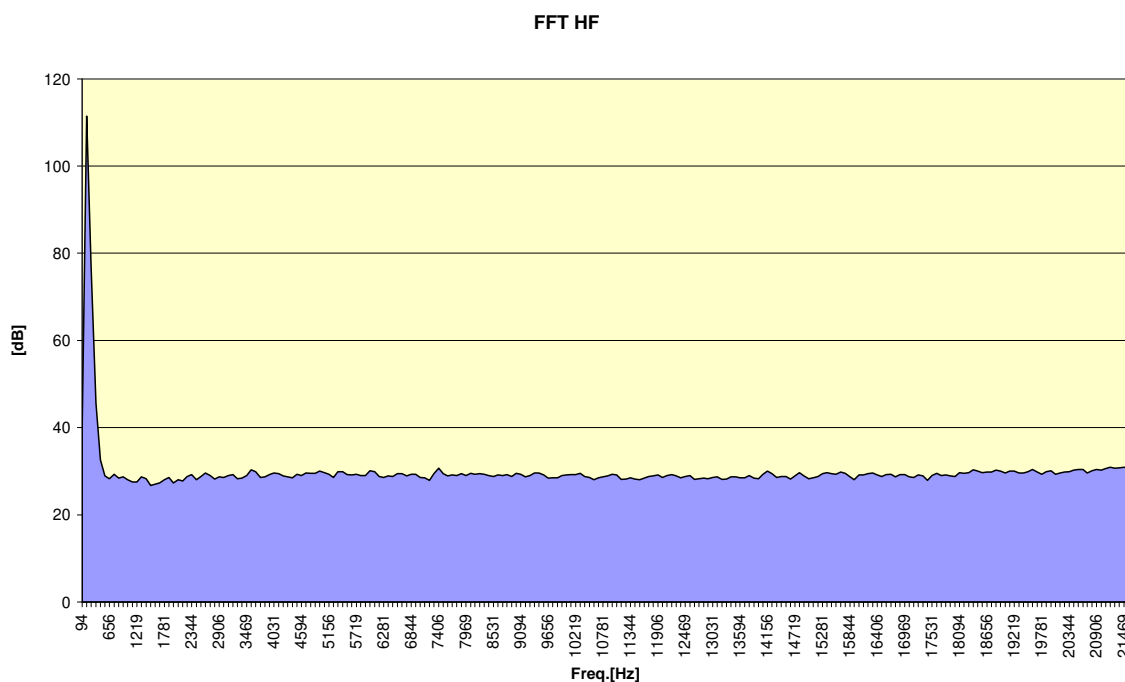
Nei fonometri l'analisi spettrale per bande strette, d'ottava o di terzo d'ottava, viene tipicamente effettuata inserendo dei filtri (analogici o digitali) in modo da poter misurare solo le componenti in un ristretto campo di frequenze. Utilizzando un banco di tali filtri che copra l'intero campo audio è possibile ottenere lo spettro per bande a larghezza percentuale costante.

Applicando questa tecnica ai moderni fonometri-analizzatori digitali, esiste un limite nel numero di filtri diversi che è possibile implementare quando si deve eseguire l'analisi spettrale in tempo reale, cioè mentre il livello sonoro viene acquisito senza soluzione di continuità. Quando si vuole aumentare il numero di bande in cui suddividere l'intero spettro audio, cioè quando si vuole aumentare la risoluzione in frequenza, è necessario adottare la tecnica della FFT.

Con questa tecnica, un segmento del tracciato sonoro, campionato ad elevata frequenza, viene “trasformato” in uno spettro mediante l'algoritmo della FFT. Il teorema di Nyquist dimostra che se si desidera ottenere uno spettro che si estenda fino ad una frequenza  $f$  è necessario campionare il segnale audio ad una frequenza almeno doppia, cioè superiore a  $2f$ . Praticamente, per ottenere uno

spettro che si estenda fino a 20kHz, è necessario campionare il segnale microfonico ad una frequenza almeno pari a 44 kHz.

Esiste una corrispondenza tra la frequenza con cui il livello sonoro viene campionato, il numero di campioni utilizzati per il calcolo della FFT e la sua risoluzione spettrale. Ad esempio, se il campionamento viene effettuato a 48 kHz e si calcola la FFT su 480 campioni (10 ms di tracciato audio) la risoluzione che si ottiene risulta pari a  $48000/480 = 100$  Hz. Si otterrà cioè, ogni 10ms, uno spettro composto da  $480/2 = 240$  valori di ampiezza corrispondenti alle frequenze incluse nell'intervallo da 100 Hz a 24 kHz a passi di 100 Hz. Aumentando la lunghezza del segmento audio aumenta proporzionalmente la risoluzione spettrale a discapito tuttavia del tempo di elaborazione che tende a crescere in ragione quasi geometrica. La frequenza minima di cui viene fornita l'ampiezza è pari all'inverso della lunghezza del segmento audio, corrispondente cioè alla frequenza il cui periodo è pari alla lunghezza del segmento. Nella figura seguente un segnale sinusoidale alla frequenza di 224 Hz viene analizzato mediante FFT su 512 campioni a 48 kHz. La risoluzione spettrale è di poco inferiore ai 100 Hz.



**Fig. 38**

Nello spettro il picco è visibile ma la risoluzione di frequenza non permette di determinare con sufficiente precisione la frequenza del tono analizzato.

Per i fonometri-analizzatori in tempo reale, che hanno l'esigenza di fornire lo spettro del segnale sonoro senza interruzioni, il tempo di elaborazione della FFT è spesso vincolante e limita la risoluzione spettrale. Le tecniche utilizzate per superare questo problema sono essenzialmente due: il controllo della frequenza di campionamento e lo spostamento in frequenza del segnale audio.

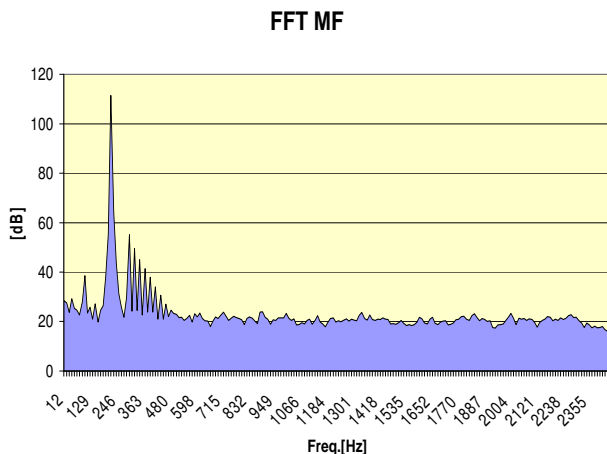
Dimezzando la frequenza di campionamento, a parità del numero di campioni che compongono il segmento audio, si ottiene un raddoppio della risoluzione in frequenza.

In alternativa è possibile applicare un filtro decimatore, cioè un filtro che estrae un livello ogni  $n$  dalla serie campionata. Se, ad esempio, si applica un filtro decimatore con un fattore 10 alla serie di campioni del nostro esempio, è possibile ottenere segmenti composti da 480 campioni decimati ogni 100ms. Applicando la FFT a questi segmenti, si ottiene, ogni 100ms, uno spettro di frequenza da 0 a 2.4 kHz con una risoluzione pari a 10 Hz. Il processo di decimazione si può estendere fino a raggiungere la risoluzione richiesta a discapito tuttavia dell'estensione dello spettro, che si riduce proporzionalmente all'aumento di risoluzione.

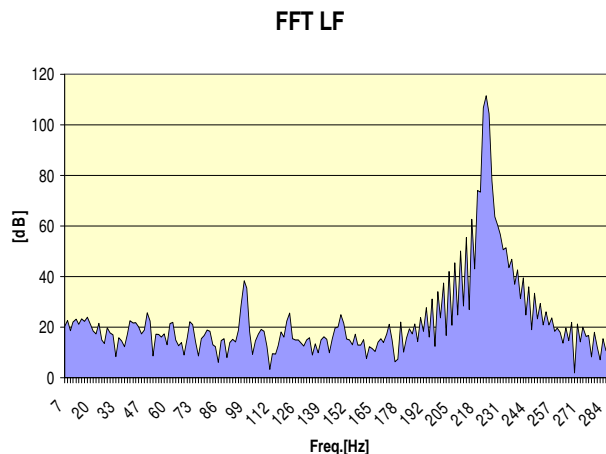
L'altra tecnica che si utilizza per aumentare la risoluzione dell'analisi spettrale consiste nello spostamento di tutte le frequenze che compongono il segnale audio, applicando una moltiplicazione complessa a tutti i campioni audio (heterodyne). Il risultato sono segmenti di tracciato audio rilevati alla frequenza originale ma con contenuto spettrale spostato in frequenza. Se nel nostro esempio

applichiamo uno spostamento pari a 12 kHz ai campioni originali otteniamo uno spettro ogni 10ms composto da 240 valori di ampiezza corrispondenti alle frequenze incluse nell'intervallo da 12 kHz a 24 kHz a passi di 50 Hz.

Nelle figure seguenti lo stesso segnale viene analizzato mediante FFT su 512 campioni a 6 kHz (FFT MF) ed a 750 Hz (FFT LF) rispettivamente, ottenuti mediante decimazione dei campioni originali a 48 kHz.

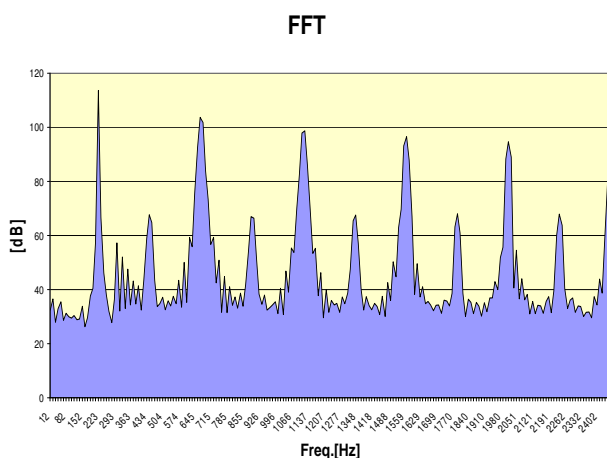


**Fig. 39**

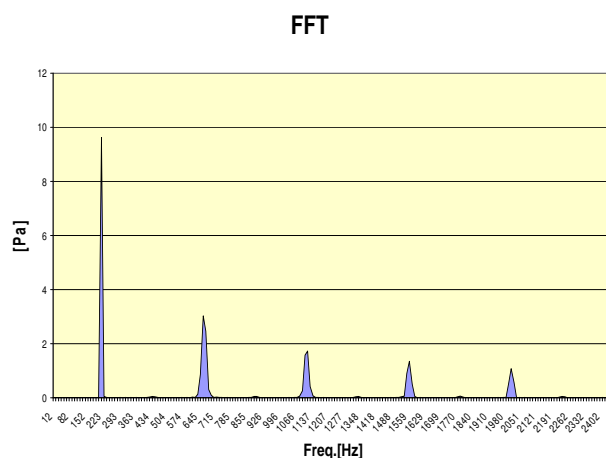


**Fig. 40**

La scala del livello in decibel non permette di apprezzare completamente la risoluzione in frequenza dello spettro FFT. Nella figura seguente è raffigurato lo spettro FFT di un segnale ad onda quadra sia con scala verticale in decibel che con scala lineare espressa in Pascal.



**Fig. 41**



**Fig. 42**

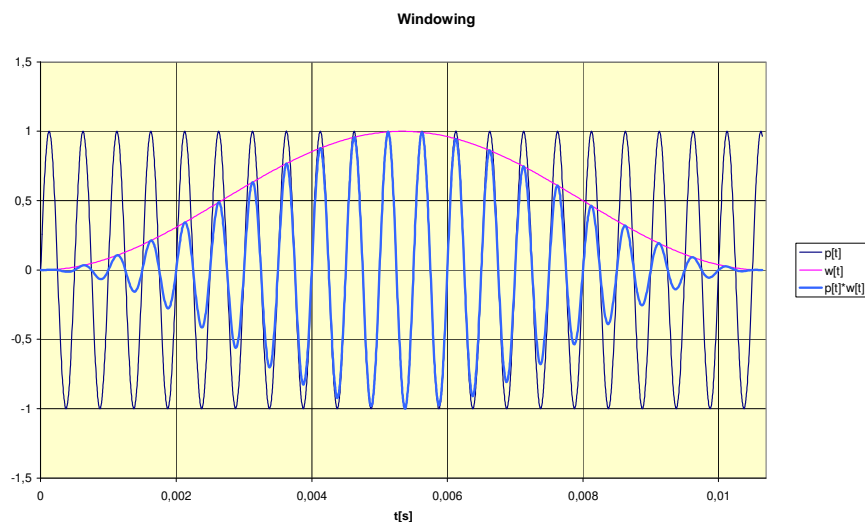
Lo spettro con scala lineare visualizza la struttura facilmente riconoscibile delle armoniche caratteristiche di un segnale ad onda quadra.

Prima di eseguire il calcolo della FFT, per ottenere una buona risoluzione in frequenza, è necessario moltiplicare i campioni del segmento da analizzare per una funzione denominata “window”, cioè finestra. Questa funzione ha valori prossimi ad 1 nella zona centrale del segmento ed assume valori decrescenti allontanandosi dal centro fino ad annullarsi agli estremi. Alcune delle finestre comunemente utilizzate sono:

- Triangolo
- Cosine Bell (Hanning)
- Hamming
- Blackman
- Kaiser

Queste funzioni differiscono per la risoluzione spettrale e di ampiezza e per la complessità di calcolo. La risoluzione spettrale deve essere valutata sia per la capacità di separare due segnali con frequenze vicine sia di pari ampiezza che di ampiezze molto diverse tra loro. Nel primo caso conviene utilizzare la finestra con la migliore risoluzione sui picchi (Triangolo o Cosine Bell) mentre nel secondo caso conviene utilizzare la finestra con la migliore dinamica (Blackman o Kaiser).

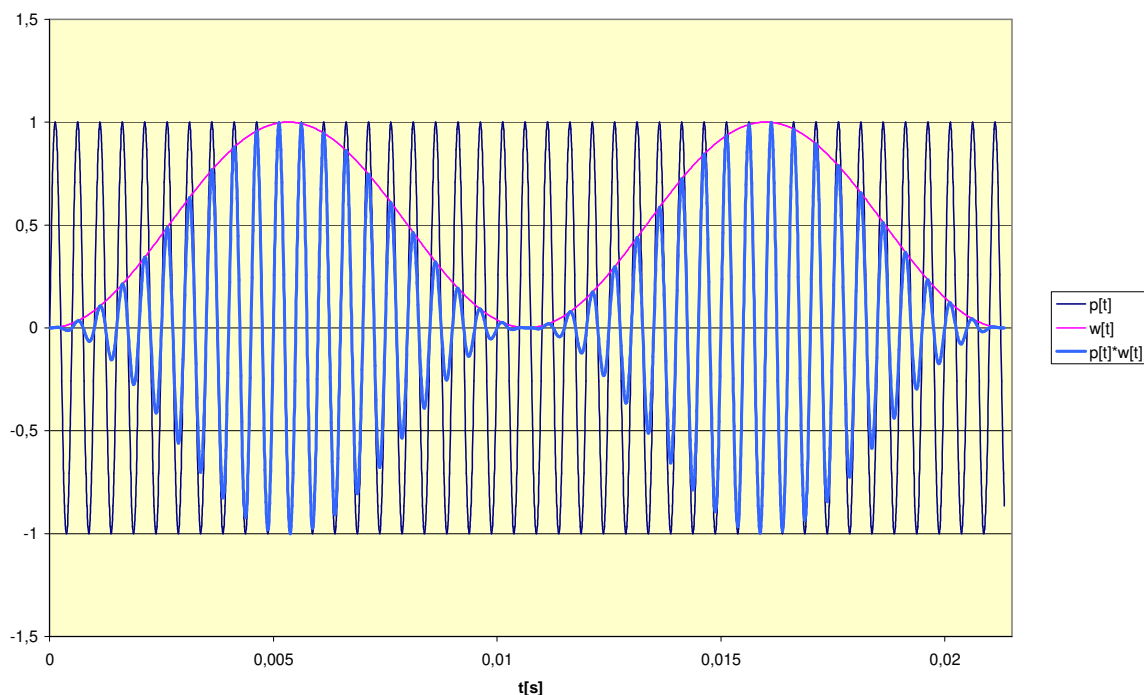
L'applicazione della finestra introduce un problema particolarmente importante nello sviluppo degli analizzatori in tempo reale. Dato che la funzione finestra scende gradualmente a zero agli estremi del segmento, solo i campioni che si trovano nella zona centrale del segmento hanno peso nel calcolo della FFT. La figura seguente mostra l'applicazione della funzione Cosine Bell alla sequenza di campioni a 48 kHz di un segnale sinusoidale a 2 kHz. I campioni cui è stata applicata la funzione finestra sono evidenziati.



**Fig. 43**

Se si utilizzano segmenti concatenati del tracciato audio, per il calcolo della FFT in tempo reale, le porzioni di tracciato che si trovano agli estremi di ciascun segmento non contribuiscono significativamente all'analisi spettrale.

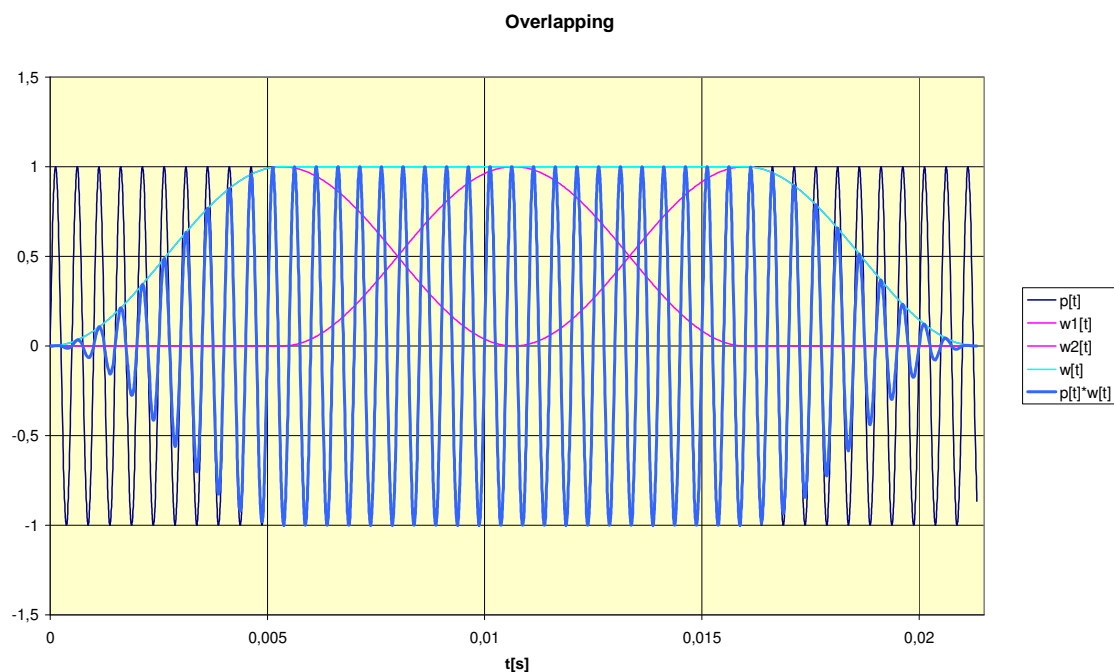
La figura seguente evidenzia il problema mostrando la sequenza continua di due segmenti cui è stata applicata la funzione finestra Cosine Bell.



**Fig. 44**

In altri termini l'analisi spettrale che si ottiene da un tracciato audio suddividendolo in segmenti adiacenti non si può considerare in tempo reale in quanto non utilizza allo stesso modo tutti i campioni, ma tiene in considerazione principalmente quelli che si trovano nelle porzioni centrali di ciascun segmento.

Per evitare questo problema è necessario che i segmenti analizzati siano parzialmente sovrapposti in modo che campioni trascurati, perché ai limiti estremi di un segmento, vengano presi in considerazione nell'analisi del segmento successivo. Questo processo è detto “overlapping” cioè sovrapposizione dei segmenti.



**Fig. 45**

Nella figura l'interposizione di un segmento sovrapposto al 50% permette di recuperare completamente le zone del tracciato attenuate dalla window. Dalla figura vediamo che la somma dei tre segmenti permette di avere una risposta in tempo reale. Naturalmente il processo di overlapping aumenta del 50% il tempo di elaborazione.

## A4. MISURE IN PRESENZA DI RUMORE CON COMPONENTI IMPULSIVE, TONALI E A BASSA FREQUENZA

Secondo il D.M. del 16 marzo 1998, sia la misura del rumore ambientale, sia quella del rumore residuo vanno corrette per l'eventuale presenza di componenti impulsive, tonali o a bassa frequenza. La presente appendice illustra il meccanismo di assegnazione delle penalizzazioni per rumore con queste componenti. Ciascuna di queste tre penalizzazioni vale 3dB(A) ed esse sono applicabili sia al rumore residuo, sia al rumore ambientale.

### 1. Verifica della componente impulsiva

Il rumore è considerato avente componenti impulsive quando sono verificate le condizioni seguenti:

- l'evento è ripetitivo;
- la differenza tra LAImax ed LASmax è superiore a 6dB;
- la durata dell'evento a -10dB dal valore LAFmax è inferiore a 1 s.

L'evento sonoro impulsivo si considera *ripetitivo* quando si verifica almeno 10 volte nell'arco di un'ora nel periodo diurno ed almeno 2 volte nell'arco di un'ora nel periodo notturno.

La ripetitività deve essere dimostrata mediante registrazione del livello LAF effettuata durante il tempo di misura TM.

Il fonometro HD2110L, in funzionamento come datalogger, è in grado di memorizzare l'andamento del livello sonoro istantaneo con costante di tempo Fast, campionato 8 volte al secondo e, simultaneamente, anche i livelli con costanti di tempo Slow ed Impulse, campionati 2 volte al secondo. Dall'analisi dei tracciati, effettuabile con il software NoiseStudio (versione base) in dotazione, è possibile identificare la presenza degli impulsi. Direttamente sul campo, è possibile valutare i livelli massimi con costanti di tempo SLOW ed IMPULSE corrispondenti ad un impulso identificato analizzando il profilo del livello sonoro con costante di tempo FAST mediante l'uso dei cursori.

### 2. Verifica della componente tonale

La base dell'individuazione di componenti tonali (CT) nello spettro del rumore è il riconoscimento di una singola banda di 1/3 d'ottava, il cui livello superi di almeno 5dB il livello delle due bande adiacenti. È necessario che lo spettro su cui si effettua la ricerca delle componenti tonali, sia quello dei livelli **minimi**, con costante di tempo Fast e che le componenti tonali abbiano carattere stazionario nel tempo ed in frequenza.

Il fonometro viene predisposto da menu come riportato di seguito:

#### 1) MENU >> Analizzatore di Spettro:

- Pond. Ausiliaria: A
- Modo: MINIMUM
- Media: EXP
- Peso Media: Fast
- Spost. 1/2 Banda: OFF

#### 2) MENU >> Calibrazione:

- Risposta Mic.: FF o RI
- Correzione Schermo: ON oppure OFF

#### 3) MENU >> Generale >> Misure:

- Campionamento Spettro: inserire un tempo di integrazione che sia maggiore della durata di eventuali sorgenti sonore fluttuanti o rumori occasionali, in modo da eliminarne il contributo nel calcolo dello spettro del livello minimo.
- Intervallo di Integrazione: inserire un tempo di integrazione che sia maggiore del tempo di analisi totale.

Esiste inoltre la possibilità che il tono puro caschi nella "zona d'incrocio" fra due filtri di 1/3 d'ottava adiacenti e produca l'innalzamento di entrambi, senza che nessuno dei due superi di almeno 5dB i livelli delle bande adiacenti.

Per analizzare questa eventualità, si utilizzerà la funzione "1/2 Shift Band" (attivabile da menu: MENU >> Analizzatore di Spettro >> Spostamento 1/2 banda), che sposta le frequenze centrali dei filtri di mezza banda verso il basso, in modo che le nuove frequenze centrali coincidano con le frequenze di incrocio dei filtri standard (si veda il funzionamento a pag. 28).

Nelle due figure seguenti sono riportati due spettri a bande di 1/3 d'ottava dello stesso fenomeno rumoroso. In quella di sinistra, con frequenze centrali "normali", non si evidenzia la presenza della componente tonale, mentre essa appare distintamente nella figura di destra, con frequenze traslate.

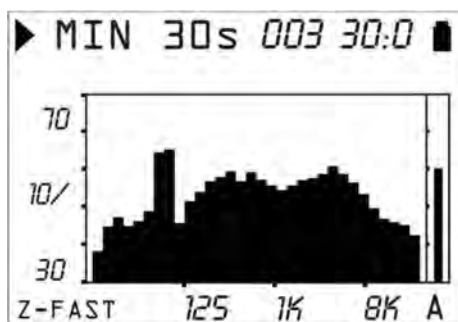


Fig. 46

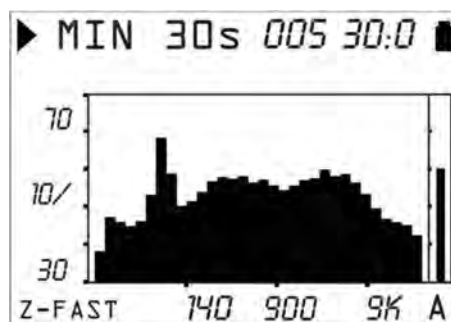


Fig. 47

La verifica della presenza di componenti tonali non è però terminata a questo punto. Infatti, affinché si applichi la penalizzazione prevista, è necessario che la componente tonale individuata tocchi una *linea isofonica* (secondo ISO226/2003) eguale o superiore a quella più elevata raggiunta dalle altre componenti dello spettro. L'HD2110L è in grado di tracciare in tempo reale le curve isofoniche così come richiesto dalla normativa tramite una funzione associata ai cursori, descritta a pag. 26

La seguente figura illustra tale verifica per lo spettro di destra nelle figure precedenti, dalla quale si evince che la componente tonale precedentemente localizzata a circa 80 Hz **non** è penalizzante, in quanto l'isofonica associata non è quella più elevata raggiunta dallo spettro del rumore analizzato (l'isofonica è inferiore allo spettro in più parti, per cui il tono puro risulta certamente meno udibile di altre porzioni dello spettro).

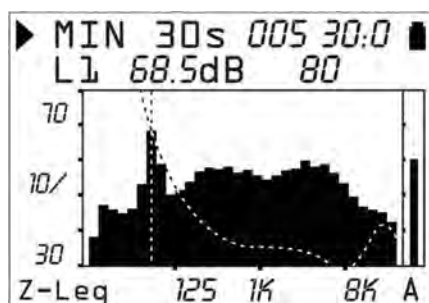


Fig. 48

### 3. Verifica della componente spettrale in bassa frequenza

Se l'analisi in frequenza svolta con le modalità descritte al punto precedente, rivela la presenza di CT tali da consentire l'applicazione del fattore correttivo KT nell'intervallo di frequenze compreso fra 20 Hz e 200 Hz, si applica anche la correzione per componente tonale in bassa frequenza, esclusivamente nel tempo di riferimento notturno.



## A5. IL SUONO

Il suono è una variazione di pressione rilevabile dall'orecchio umano. La sua propagazione, a partire dalla sorgente, avviene in forma di onde ed è quindi soggetta a tutti i fenomeni tipici delle onde come la rifrazione e la diffrazione. La velocità di propagazione dipende dal mezzo e nell'aria, a temperatura ambiente, è pari a circa 344 m/s.

La sensibilità dell'orecchio è notevole ed è in grado di percepire variazioni della pressione pari a circa 20 µPa, corrispondente a 5 parti per miliardo della pressione atmosferica. Questa incredibile sensibilità è accompagnata dalla capacità di tollerare variazioni di pressione più di un milione di volte superiori. Per comodità si è convenuto di indicare il livello di pressione sonora in decibel anziché la pressione in Pascal, in modo da ridurre il campo numerico.

Il decibel (simbolo dB) è definito da:

$$dB = 20 \cdot \log_{10} \frac{X}{X_0}$$

dove: X è il valore della grandezza misurata.

X<sub>0</sub> è il valore di riferimento della misura stessa (cui corrisponde dB=0).

In acustica la grandezza misurata è la pressione ed il valore di riferimento corrisponde a 20 µPa, la minima pressione udibile. Pertanto il livello sonoro corrispondente ad una variazione della pressione di 20 µPa (0.00002 Pa) verrà indicato con 0dB. Il livello sonoro corrispondente ad una variazione della pressione di 20 Pa verrà indicato con 120dB, un livello al limite della soglia del dolore.

Un aumento della pressione sonora di 10 volte corrisponde ad un aumento del livello di 20dB mentre un aumento della pressione di 100 volte corrisponde ad un aumento del livello di 40dB: il livello sonoro aumenta di 20dB per ogni aumento di un fattore 10 della pressione sonora. Analogamente l'aumento del livello è pari a 6dB per ogni raddoppio della pressione sonora.

L'utilizzo dei decibel per indicare il livello sonoro ha, oltre all'evidente vantaggio di ridurre il campo numerico delle misure, anche quello di fornire una buona approssimazione della percezione uditiva che segue su scala logaritmica la pressione sonora.

Non tutte le variazioni di pressione sono udibili. Quando la variazione della pressione è per esempio dovuta a variazioni climatiche essa varia troppo lentamente per poter essere udita ma, se essa è rapida, come ad esempio quella prodotta dalla percussione di un tamburo oppure dallo scoppio di un palloncino, essa è rilevabile dall'orecchio e viene di conseguenza identificata come suono.

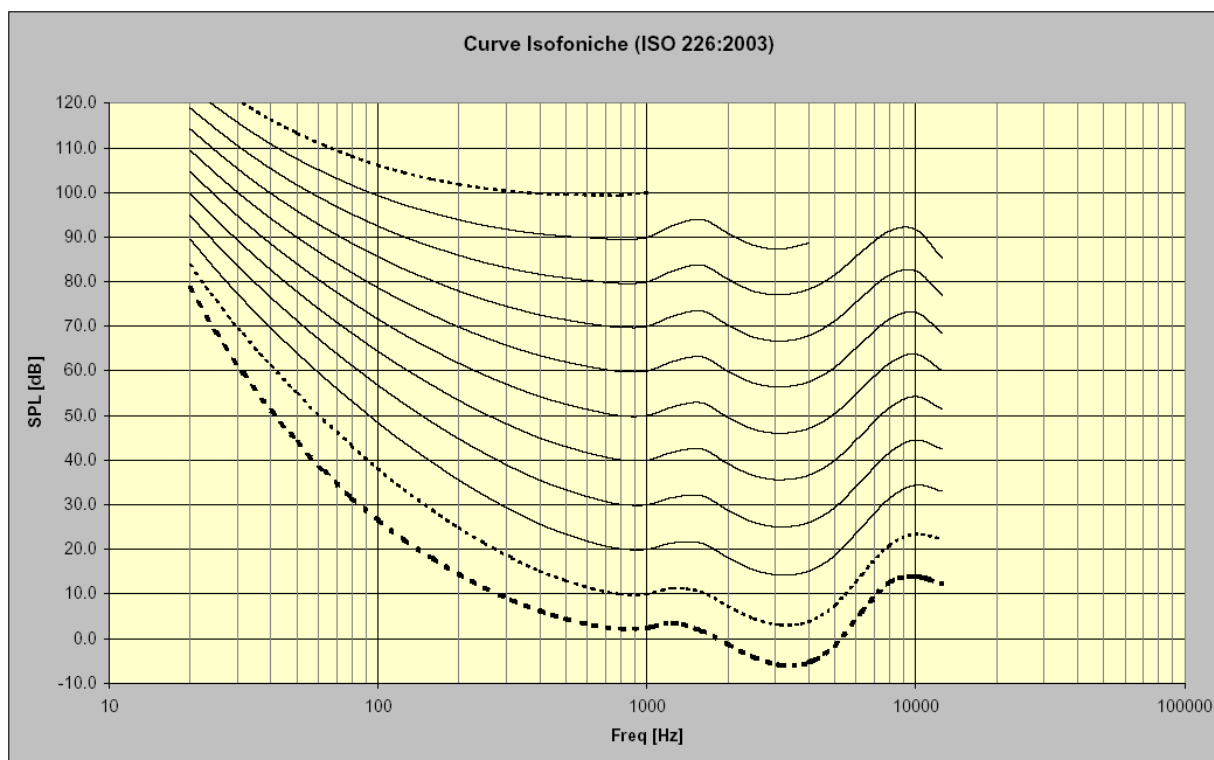
Il numero di oscillazioni della pressione al secondo viene chiamata *frequenza* del suono e si misura in cicli al secondo o Hertz (Hz). Il campo di frequenza udibile si estende circa da 20 Hz a 20 kHz. Sotto i 20 Hz entriamo nel campo degli infrasuoni mentre sopra i 20 kHz entriamo in quello degli ultrasuoni.

La sensibilità dell'udito non è costante su tutto il campo delle frequenze audio ma presenta una notevole perdita alle frequenze molto basse oppure molto alte. La sensibilità è massima nel campo 2 kHz ÷ 5 kHz.

La variazione della sensibilità uditiva con la frequenza del suono dipende anche dall'intensità del suono. Le curve "isofoniche", definite nella norma ISO 226:2003, sono riportate nel grafico seguente e forniscono il livello di pressione sonora che fornisce una identica sensazione uditiva al variare della frequenza. La curva tratteggiata, denominata MAF (Minimum Audible Field) indica la soglia di minima udibilità.

La musica, la voce ed i rumori in genere sono normalmente distribuiti su un ampio intervallo di frequenze. Casi limite sono il "tono puro": un suono che è costituito da una variazione di pressione ad una ben determinata frequenza; ed il "rumore bianco": un suono che è invece uniformemente

distribuito su tutte le frequenze (assomiglia al fruscio emesso dall'apparecchio televisivo quando non è sintonizzato su alcuna emittente).



Rumori elevati, caratterizzati dalla presenza di un tono puro, vengono percepiti con un fastidio maggiore, a parità di livello, rispetto a rumori distribuiti su un ampio intervallo di frequenze. La ragione è da ricercare nella “concentrazione” dell’energia sonora a livello della meccanica dell’orecchio.

Il livello sonoro non è generalmente statico ma varia nel tempo. Nel caso la variazione fosse molto rapida l’orecchio non riuscirebbe a percepirne la reale intensità. Nel caso di impulsi sonori sappiamo che l’orecchio ha una ridotta percezione già per durate inferiori a 70 ms. Per questo motivo rumori con caratteristica impulsiva sono generalmente considerati, a parità di livello sonoro, più pericolosi.

## A6. IL FONOMETRO

Il fonometro è lo strumento che misura il livello sonoro. Generalmente è costituito da un microfono, l'elemento sensibile al suono, da un amplificatore, da una unità di elaborazione del segnale e da una unità di lettura e visualizzazione dei dati.

Il microfono converte il segnale sonoro in un segnale elettrico corrispondente. La sensibilità dei microfoni per misure di livello non dipende dalla frequenza del segnale sonoro. La scelta del tipo di microfono cade solitamente sul tipo a condensatore che offre eccellenti caratteristiche di precisione, stabilità ed affidabilità.

L'amplificatore è necessario per portare il segnale elettrico ad una ampiezza misurabile e per potenziare il segnale in modo da consentirne l'eventuale trasmissione via cavo.

L'unità di elaborazione si occupa di calcolare tutti i parametri di misura che sono necessari per caratterizzare un evento sonoro.

### Ponderazioni di frequenza

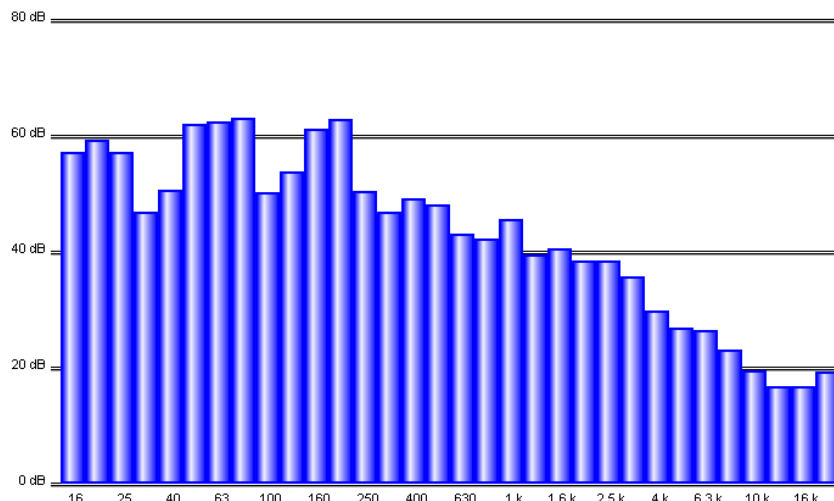
Nel caso si debba valutare l'impatto uditivo di una sorgente di rumore occorrerà innanzitutto apportare delle correzioni al segnale acustico fornito dal microfono in modo da simulare la sensazione uditiva; occorrerà cioè correggere la sensibilità del microfono in modo che risulti dipendente dalla frequenza come avviene per l'orecchio. Sono state definite come standard internazionale (IEC 60651, recentemente sostituita dalla IEC 61672) due curve di correzione chiamate "ponderazione A" e "ponderazione C". Quando il livello sonoro viene corretto dalla ponderazione A è indicato come  $L_{Ap}$ , cioè livello di pressione sonora ponderato A e simula la sensazione uditiva per bassi livelli sonori. Quando invece il livello sonoro viene corretto dalla ponderazione C è indicato come  $L_{Cp}$ , cioè livello di pressione sonora ponderato C e simula la sensazione uditiva per livelli sonori elevati.

Quando non interessa la sensazione uditiva si effettueranno le misure utilizzando la ponderazione Z (LIN per la IEC 60651) che presenta una risposta costante a tutte le frequenze in campo audio.

### Analisi spettrale

Nel caso si desideri effettuare una analisi dettagliata della caratteristica di un suono complesso si ricorrerà all'analisi spettrale per bande. Per questa analisi la gamma delle frequenze audio (da 20 Hz a 20 kHz) viene suddivisa in bande, tipicamente a larghezza percentuale costante pari ad un'ottava oppure ad un terzo d'ottava.

Per ciascuna banda si calcola il livello sonoro considerando solamente le componenti del rumore di frequenze comprese entro i limiti della banda: per le bande d'ottava il limite superiore è sempre pari



al doppio del limite inferiore, mentre per le bande di terzo d'ottava il limite superiore è pari a 1.26 volte il limite inferiore in modo che una banda d'ottava risulti divisa in tre bande di terzo d'ottava.

Per esempio la banda centrata ad 1kHz considererà i suoni compresi tra 707Hz e 1414Hz e tra 891Hz e 1122Hz rispettivamente per bande d'ottava e di terzo d'ottava.

Il risultato dell'analisi viene di solito presentato in un grafico

chiamato “spettrogramma” dove i livelli sonori vengono riportati in forma grafica per ciascuna delle bande in cui lo spettro audio è stato suddiviso.

La suddivisione in bande dello spettro e le caratteristiche dell’unità di elaborazione che calcola gli spettrogrammi sono state definite nella normativa internazionale IEC 61260.

### Costanti di tempo e pesatura esponenziale

Ulteriori elaborazioni del segnale microfonico si rendono necessarie nel caso si debbano misurare livelli sonori fluttuanti. Per valutare un livello sonoro variabile nel tempo sono state definite come standard internazionale (IEC 60651/IEC 61672) due tipi di risposta istantanea, una rapida, chiamata FAST, che simula la risposta dell’orecchio, ed una lenta, chiamata SLOW, che fornisce un livello sonoro abbastanza stabile anche nel caso di rumori rapidamente fluttuanti.

La scelta del tipo di risposta del misuratore di livello si combina con la scelta della ponderazione di frequenza per fornire un ampio spettro di possibili parametri di misura; per esempio si rileverà il livello sonoro ponderato A con costante di tempo FAST ( $L_{FAp}$ ) per simulare la sensazione uditiva. La costante di tempo FAST è pari a 0.125s mentre la costante SLOW è pari ad 1s.

Quando si effettuano misure con costante di tempo FAST, il livello sonoro istantaneo sarà fortemente influenzato dall’andamento della pressione nell’ultimo ottavo di secondo mentre dipenderà molto poco da quanto accadde più di un secondo prima.

Il livello sonoro con costante di tempo SLOW dipenderà invece molto dall’andamento della pressione nell’ultimo secondo mentre sarà poco influenzato da eventi sonori avvenuti più di dieci secondi prima. Possiamo pensare che il livello sonoro con costante SLOW sia approssimativamente una media dei livelli istantanei dell’ultimo secondo.

### I rumori impulsivi

Se il suono è di breve durata viene chiamato **impulsivo**: ad esempio il battito di una macchina da scrivere e il rumore di un martello o di una pistola sono classificabili come suoni impulsivi.

Per valutare il loro impatto sull’apparato uditivo occorre tenere conto del fatto che più il suono è breve meno sensibile è l’orecchio nel percepirlo.

Per questo motivo è stata definita negli standard internazionali (IEC 60651/IEC 61672) una costante di tempo, chiamata IMPULSE, molto breve (35 ms) per livelli di pressione sonora crescenti e molto lunga (1.5 s) per livelli decrescenti.

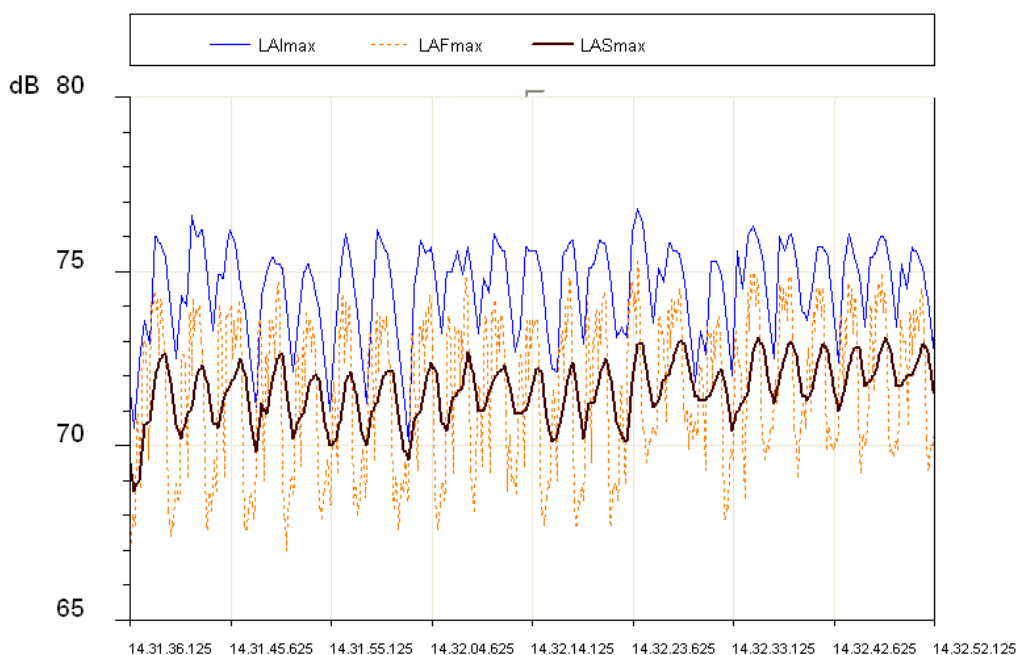


Fig. 49

Nel caso una sorgente sonora emetta rumori con marcata componente impulsiva, si misurerà un livello con costante IMPULSE molto maggiore di un livello con costante SLOW.

Nella Fig. 49 è rappresentato il profilo del livello sonoro, misurato simultaneamente con costante di tempo FAST, SLOW ed IMPULSE, di una macchina per montaggio superficiale.

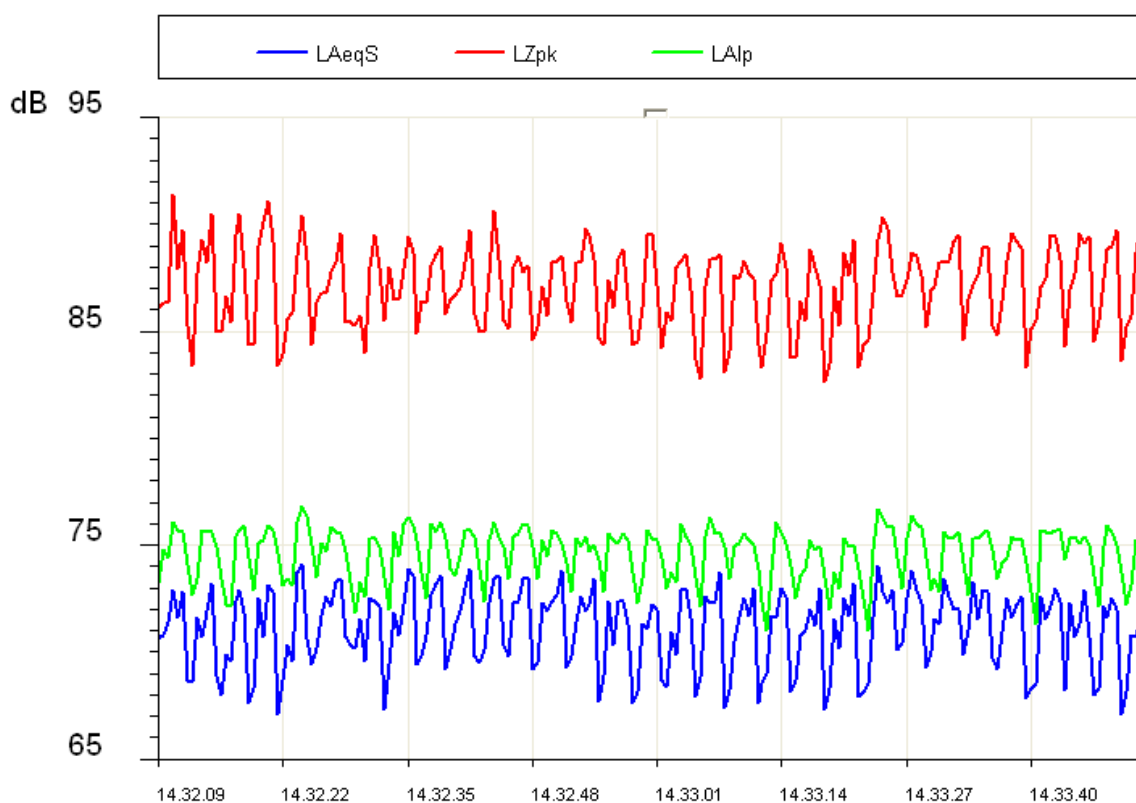
I livelli visualizzati sono livelli massimi calcolati su intervalli pari ad 1/8s.

Il profilo con la maggiore variabilità risulta essere quello con costante di tempo FAST (8dB) mentre quello con la variabilità minore è quello SLOW (3dB).

Il profilo IMPULSE si mantiene sistematicamente superiore ai profili FAST e SLOW denotando la caratteristica impulsiva del rumore emesso dalla macchina.

I suoni impulsivi, indipendentemente dal loro spettro, sono più dannosi per l'orecchio umano in quanto l'energia in gioco, nel breve lasso di tempo in cui si sviluppano, non permette all'orecchio di assumere delle difese. Pertanto, a parità di livello, si tende a penalizzare una sorgente di rumore che contenga componenti impulsive.

Purtroppo mentre la sensibilità dell'orecchio diminuisce con la durata del rumore, non diminuisce il rischio di un danno uditivo: per questo, in generale, i fonometri incorporano un circuito per la misura del valore di picco del segnale acustico.



**Fig. 50**

Nella figura sono evidenziati il livello di picco non ponderato ed il livello IMPULSE relativi alla macchina a montaggio superficiale.

Come si può notare, il livello di picco supera il livello IMPULSE di almeno 10dB.

Nelle normative internazionali (IEC 60651/IEC 61672) è stato definito il parametro “picco”, indicato come  $L_{pk}$  che fornisce il livello di picco raggiunto dalla pressione sonora in un determinato intervallo di tempo.

Il tempo di risposta del livello di picco è estremamente rapido ( $<100\mu s$ ) ed è in grado di rilevare con sufficiente precisione il livello sonoro di eventi sonori molto brevi come per esempio uno sparo.

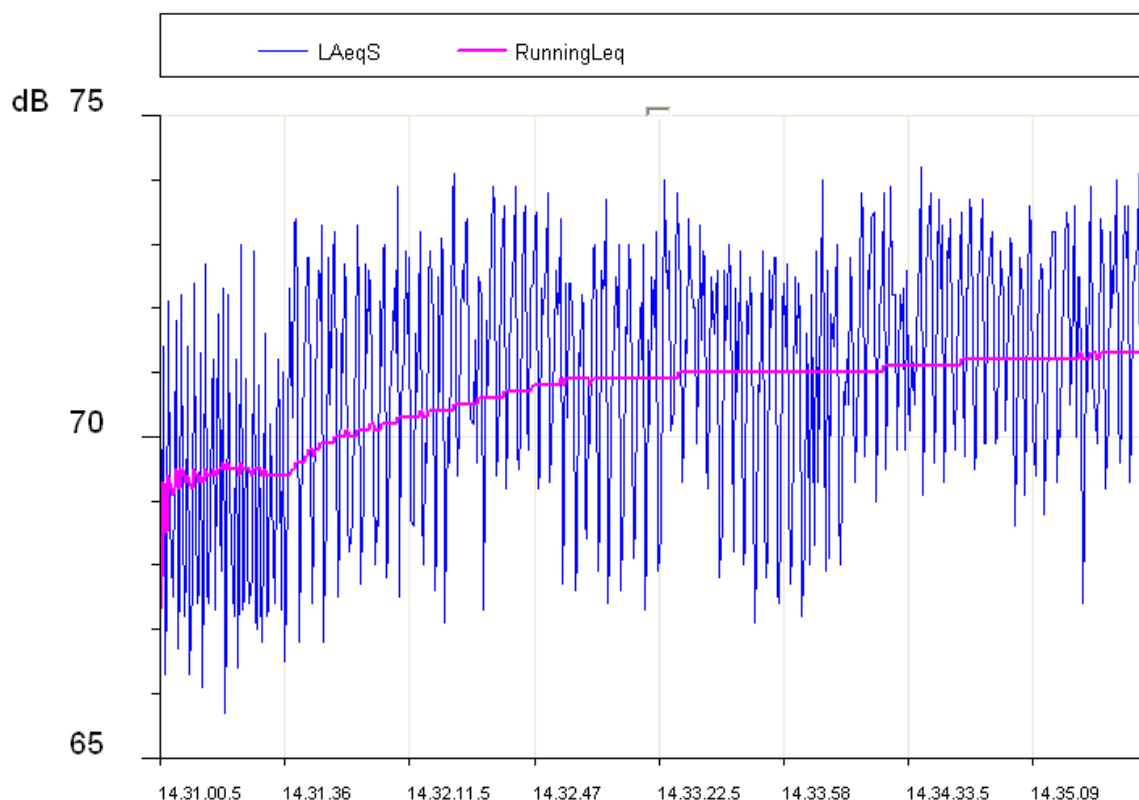
## Il livello equivalente

L'approssimazione di considerare i livelli con costante di tempo FAST oppure SLOW come delle medie a breve termine è piuttosto grossolana. Se il suono con la sua propagazione trasporta energia è importante anche tenere conto della durata degli eventi sonori per avere una corretta interpretazione del contenuto energetico.

Questo è particolarmente importante nella valutazione dell'impatto sonoro sull'apparato uditivo, del rumore prodotto da macchine e da sorgenti inquinanti in genere. E' evidente che un rumore elevato arreca un danno crescente al crescere della durata dell'esposizione. La valutazione del potenziale nocivo di una esposizione al rumore sarà pertanto facile nel caso di rumori di livello costante.

Nel caso il livello sonoro vari nel tempo, si utilizzerà un parametro di misura, definito negli standard internazionali (IEC 60804, recentemente sostituita dalla IEC 61672), chiamato "livello equivalente" e simboleggiato come  $L_{eq}$ .

Il livello equivalente è definito come il livello costante che ha il medesimo contenuto energetico del livello fluttuante nell'intervallo di tempo in esame. Il livello equivalente ponderato A ( $L_{Aeq}$ ) verrà utilizzato per misurare il contenuto energetico, e quindi il potenziale nocivo, di una sorgente di rumore fluttuante, in un determinato intervallo temporale.



**Fig. 51**

Nella figura è evidenziato il profilo del livello equivalente che va stabilizzandosi entro qualche minuto ad un livello di poco superiore ai 71dBA.

Se consideriamo una sorgente di rumore intermittente (pensiamo per esempio al rumore prodotto dal transito dei treni su una linea ferroviaria), è evidente che il livello equivalente potrà fornire una misura del livello energetico medio considerando molti transiti.

Nel caso si desideri misurare il contenuto energetico di un singolo transito sarà necessario ricorrere alla definizione di un altro parametro di misura, il "livello di esposizione sonora" simboleggiato come  $SEL$  oppure  $L_E$  (IEC 60804/IEC 61672).

Il livello di esposizione sonora è definito come il livello sonoro costante per la durata di 1 secondo che contiene la stessa energia dell'evento sonoro in esame. Il fatto che il valore fornito dal

SEL è normalizzato su una durata di un secondo rende confrontabili tra loro eventi sonori con differenti durate.

### Analisi statistica

Se si rende necessario esaminare, dal punto di vista statistico, la distribuzione nel tempo del livello di pressione sonora, si ricorrerà alla misura dei *livelli percentili*.

Il livello percentile, simboleggiato come  $L_x$  è definito come il livello sonoro che viene superato per la percentuale X del tempo totale. Per effettuare il calcolo dei livelli percentili occorre innanzitutto classificare il livello sonoro campionato ad intervalli regolari (solitamente 1/8s) in classi di larghezza, solitamente compresa tra 0,1dB e 2dB.

Al termine dell'acquisizione si calcola la probabilità per ciascuna classe dividendo la frequenza di campionamento per il numero totale di campioni. Il risultato è la distribuzione di probabilità dei livelli che si presenta come nella figura seguente.

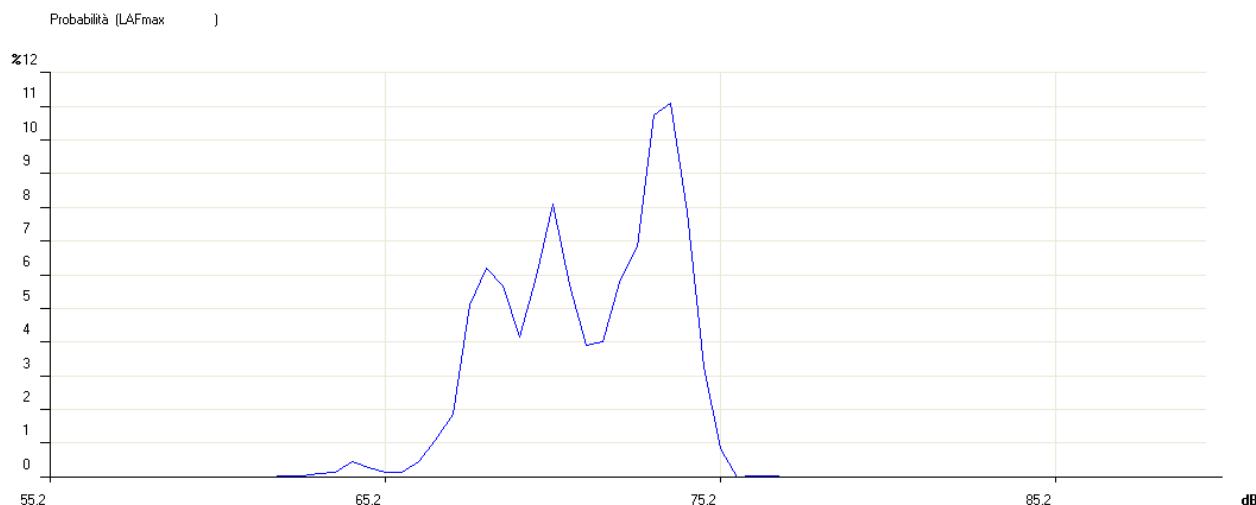


Fig. 52

Si calcola quindi la distribuzione cumulativa che si costruisce, a partire dalla distribuzione della probabilità dei livelli sonori, iniziando con una probabilità pari al 100% per tutte le classi con livello inferiore al minimo livello misurato e sottraendo, progressivamente per ciascuna classe, la corrispondente probabilità della distribuzione della probabilità dei livelli.

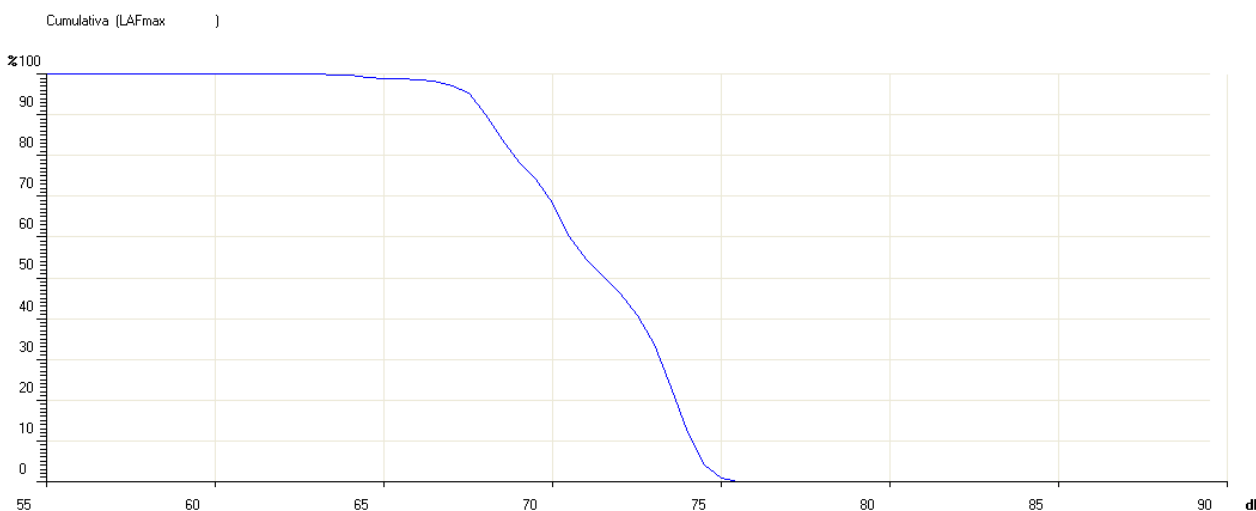


Fig. 53

La probabilità cumulativa sarà nulla per livelli maggiori del massimo livello misurato. Il calcolo dei livelli percentili si effettua per interpolazione sulla distribuzione cumulativa. Se per esempio, dall'analisi del rumore prodotto da una strada trafficata si rileva che, per metà del tempo, il livello sonoro (solitamente ponderato A in quanto è in esame l'impatto uditivo), si mantiene superiore ai 74dB si dirà che il livello percentile  $L_{50}$  è pari a 74dB.

I fonometri integratori forniscono direttamente i parametri integrati nel tempo come il livello equivalente ed il livello di esposizione sonora, oltre ai livelli massimo e minimo. L'analisi statistica è invece prerogativa degli analizzatori statistici.

## La dose di rumore

Nel campo del monitoraggio del rumore in ambiente di lavoro, volto alla prevenzione dal danno uditivo, si utilizza la misura della “Dose” di rumore, intesa come frazione percentuale di un massimo di esposizione giornaliera al rumore.

Gli organismi che si occupano della sicurezza in ambiente di lavoro hanno definito degli standard per la misura della dose di rumore che considerano il contenuto energetico della pressione sonora e lo confrontano con un livello equivalente massimo quotidiano (su un intervallo di tempo pari ad 8 ore) che è, per l'Italia, pari ad 85dBA (livello equivalente ponderato A) in assenza di dispositivi di protezione dell'udito.

La normativa ISO 1999, considerando unicamente l'energia contenuta nel suono definisce che un incremento pari a 3dB nel livello sonoro comporta un dimezzamento del tempo di esposizione, a parità di dose. In Italia viene adottata la definizione della normativa ISO 1999.

Le organizzazioni sanitarie di altri paesi hanno invece adottato un differente criterio che tiene conto dei tempi di recupero dell'orecchio durante le pause e consentono aumenti del livello pari a 4dB (DOD) o 5dB (OSHA) per un dimezzamento del tempo di esposizione.

## Il campo acustico

I sensori e trasduttori in genere sono progettati per non perturbare la grandezza fisica cui sono sensibili. Come un termistore limiterà ai minimi livelli la perturbazione alla temperatura causata dalla sua presenza, così il microfono è progettato per non alterare in modo significativo il campo acustico in cui opera. L'alterazione del campo acustico diventa significativa alle frequenze corrispondenti a lunghezze d'onda della pressione sonora confrontabili con le dimensioni del microfono (fenomeno della diffrazione). Per esempio a 10 kHz la lunghezza dell'onda di pressione sonora è pari a circa 3.4 cm, confrontabile con le dimensioni di un tipico microfono.

I campi acustici sono essenzialmente di due tipi: il “campo libero” ed il “campo diffuso”. Il campo si definisce “libero” quando il livello sonoro decresce di 6dB per ogni raddoppio della distanza dalla sorgente. Questa condizione è in genere soddisfatta, con buona approssimazione, ad una distanza dalla sorgente superiore alla sua dimensione maggiore ed in ogni caso maggiore della lunghezza d'onda maggiore del rumore da essa prodotto.

Il campo libero viene perturbato significativamente dalla prossimità di pareti rigide, in grado di “riflettere” livelli sonori confrontabili con quelli imputabili alle onde di pressione acustica provenienti direttamente dalla sorgente.

Il campo acustico in un ambiente dove dominano le onde sonore riflesse dalle pareti e quindi dove il livello sonoro è determinato da onde di pressione sonora provenienti da tutte le direzioni, si chiama *campo diffuso*. Mentre le misure in ambienti chiusi sono tipicamente misure in campo diffuso, quelle in esterni sono generalmente assimilabili a misure in campo libero.

Dato che il microfono ha dimensioni confrontabili quanto meno con le frequenze più elevate dello spettro audio, esso viene progettato in modo da avere una risposta ottimizzata per un determinato campo acustico.

Esistono tre tipi di microfono: per campo libero, campo diffuso e pressione.



Il *microfono per campo libero* è progettato in modo da avere una sensibilità costante a tutte le frequenze del campo audio per segnali sonori provenienti frontalmente, apportando automaticamente delle correzioni alle alte frequenze per compensare l'aumento della pressione a livello della membrana dovuto alla sua presenza.

Il *microfono per campo diffuso* è invece progettato per avere una sensibilità costante a tutte le frequenze per segnali sonori provenienti da tutte le direzioni.

Il *microfono per misure in pressione* è riservato a misure di laboratorio anche se, avendo una caratteristica simile a quella di un microfono per campo diffuso, può al limite essere utilizzato in campi riverberanti.

Quando un microfono per campo diffuso viene utilizzato in campo libero fornisce in genere valori accurati quando è orientato a  $70^\circ$  -  $80^\circ$  rispetto alla sorgente sonora. Se viene puntato in direzione della sorgente fornisce valori troppo elevati, soprattutto ad alta frequenza. Viceversa un microfono ottimizzato per il campo libero fornirà valori troppo bassi quando effettuerà misure in campi riverberanti ed in tutti i casi in cui non potrà essere orientato in direzione della sorgente di rumore.

I moderni fonometri, come l'HD2110L, elaborano delle correzioni che sono in grado di modificare la risposta del microfono in funzione del campo acustico in cui viene utilizzato. In questo modo è possibile, per esempio, effettuare dei rilievi in ambiente chiuso, in presenza di sorgenti sonore multiple e comunque in campo riverberante, con un microfono ottimizzato per campo libero, attivando una curva di correzione specifica per incidenza casuale. Applicando questa correzione si otterrà una risposta del microfono per campo libero simile a quella di un microfono per campo diffuso.

## INFLUENZA DELL'AMBIENTE

### Temperatura

I fonometri sono progettati per funzionare a temperature comprese nell'intervallo  $-10^\circ\text{C} \div +50^\circ\text{C}$ . I fonometri più precisi, come l'HD2110L, possono includere dei circuiti di correzione delle derive termiche in grado di ridurre al minimo l'errore di misura su tutto il campo di temperatura. E' bene evitare tuttavia gli sbalzi improvvisi che possono creare condensa ed inoltre è bene assicurarsi che lo strumento sia in equilibrio termico prima di eseguire una misura o più ancora una calibrazione; per fare ciò sarà sufficiente attendere un'ora dopo una variazione di temperatura.

### Umidità

Il fonometro HD2110L ed il microfono non sono influenzati da umidità relativa fino al 90%; si deve comunque assicurare la massima protezione e pulizia del microfono per quanto riguarda pioggia e neve. In caso di avverse condizioni climatiche è consigliabile utilizzare uno schermo anti-vento e, in caso di utilizzo in ambienti estremamente umidi, è bene utilizzare l'apposito deumidificatore per il microfono.

### Pressione

La sensibilità del microfono è funzione della pressione atmosferica. La sensibilità cresce al diminuire della pressione e la variazione di sensibilità misurata a 250 Hz è sempre inferiore a  $\pm 0.03\text{dB/kPa}$  nel campo  $86\text{ kPa} \div 108\text{ kPa}$  come richiede la norma internazionale IEC 61672 per i fonometri di classe 1. La deriva della sensibilità con la pressione ambiente è solitamente peggiore alle alte frequenze anche se la differenza massima di sensibilità nel campo  $86\text{ kPa} \div 108\text{ kPa}$  si mantiene comunque entro  $\pm 0.5\text{dB}$  su tutto lo spettro audio.

### Vento

Per ridurre al minimo l'effetto di disturbo del vento è bene utilizzare l'apposito schermo anti-vento, composto da una sfera porosa in schiuma di poliuretano da porre sul microfono.

Questo utile accessorio serve anche a proteggere il microfono dalla polvere, dallo sporco in genere e dalle precipitazioni. La presenza dello schermo antivento altera leggermente la risposta in frequenza del microfono ed i fonometri più precisi sono provvisti di una apposita curva di correzione per compensare l'effetto.

### **Vibrazioni**

Anche se il microfono ed il fonometro sono abbastanza insensibili alle vibrazioni è buona norma isolare strumento e microfono dalle forti vibrazioni.

### **Campi magnetici**

L'influenza dei campi elettrostatici e magnetici sul fonometro è trascurabile.

## **PRECAUZIONI E NORME GENERALI DI UTILIZZO**

- Accertarsi che le condizioni ambientali siano idonee all'impiego del fonometro. Assicurarsi che il fonometro abbia raggiunto l'equilibrio termico, che non vi siano formazioni di condensa sulle parti metalliche e che temperatura, umidità relativa e pressione siano entro i limiti specificati dal costruttore. L'utilizzo del fonometro in condizioni di umidità elevata con formazione di condensa può provocare dei danni.
- Controllare lo stato di carica delle batterie del fonometro e del calibratore.
- Verificare che il fonometro sia calibrato rilevando il livello sonoro di riferimento del calibratore. Questa verifica deve essere ripetuta al termine delle misure per assicurarsi della stabilità del fonometro.
- Valutare l'opportunità di utilizzare lo schermo antivento. Lo schermo offre una buona protezione agli urti e se ne consiglia l'uso anche in ambiente chiuso, soprattutto in presenza di macchinari con parti meccaniche in movimento. Attivare l'apposita correzione sul fonometro, quando è disponibile, in modo da compensare l'effetto dello schermo sulla risposta in frequenza del microfono.
- Determinare il tipo di campo acustico in cui si deve operare ed eventualmente applicare le correzioni che il fonometro prevede. Nella valutazione considerare l'ambiente di misura, il tipo di sorgente sonora e la posizione in cui si effettueranno le misure.
- Orientare il microfono secondo il tipo di campo acustico considerando anche l'eventuale correzione apportata dal fonometro.
- La scelta della ponderazione di frequenza e della costante di tempo dipendono di solito dalla norma utilizzata per le misure.
- Durante le misure occorre tenere presente che la presenza dell'operatore altera il campo sonoro; tenere quindi lo strumento il più lontano possibile dal corpo, almeno a distanza di braccio. Quando si desidera avere la maggiore precisione possibile, soprattutto se si effettuano analisi spettrali, montare il fonometro sul treppiede. I migliori risultati si ottengono montando sul treppiede il solo preamplificatore ed utilizzando il cavo prolunga per il collegamento al corpo strumento.

## CLASSIFICAZIONE DEI SEGNALI ACUSTICI

I segnali acustici possono essere classificati in modo da poterne definire le possibili tecniche di analisi. Possiamo innanzitutto dividere i segnali acustici in due classi: i segnali stazionari e quelli non stazionari.

**Segnali stazionari:** sono definiti tali i segnali acustici i cui valori medi (valore medio, livello equivalente, ecc.) non dipendono dal tempo.

Tra i segnali stazionari possiamo identificare segnali deterministici e segnali casuali.

**Segnali stazionari deterministici:** sono definiti tali i segnali acustici stazionari che sono descrivibili con una funzione del tempo e quindi descrivibili come sommatoria di segnali sinusoidali. Questi segnali sono periodici se le componenti sinusoidali sono tutte multiple di una frequenza fondamentale; si dicono altrimenti “quasi periodici”.

**Segnali stazionari casuali:** sono definiti tali i segnali acustici stazionari che possono essere descritti unicamente in termini statistici.

Tra i segnali non stazionari possiamo identificare segnali continui e segnali transitori.

**Segnali non stazionari continui:** sono definiti tali i segnali acustici non stazionari che hanno sempre valore non nullo.

**Segnali non stazionari transitori:** sono definiti tali i segnali acustici non stazionari che hanno valore non nullo solo in determinati intervalli temporali.

I *segnali stazionari* possono essere analizzati su intervalli temporali diversi ottenendo livelli medi confrontabili e ripetibili. L'analisi in frequenza si può effettuare con analizzatori di spettro sequenziali, cioè che rilevano il livello sonoro banda per banda fino a coprire lo spettro di interesse effettuando una sequenza di misure. Gli spettri dei segnali stazionari periodici saranno “a righe”, avranno cioè livelli non nulli solo nelle bande corrispondenti a determinate frequenze centrali caratteristiche. I segnali stazionari casuali avranno invece spettro continuo. Come esempio di segnali stazionari deterministici possiamo pensare ad una nota od un accordo prodotti da uno strumento musicale, mentre per segnali stazionari casuali possiamo pensare al rumore del traffico veicolare oppure a quello emesso da un condizionatore.

I *segnali non stazionari* hanno livelli sonori che dipendono sia dal periodo di misura che dal tempo di integrazione. Il tempo impiegato per l'analisi è critico per questo tipo di segnali acustici e l'analisi in frequenza deve essere in grado di rilevare simultaneamente i livelli in tutte le bande dello spettro di interesse. L'analizzatore adatto per questo tipo di misura viene chiamato “in tempo reale”. Tra i segnali non stazionari possiamo contare il parlato oppure segnali impulsivi come lo scoppio di un palloncino.

Nell'analisi spettrale di segnali stazionari deterministici si potrà ricorrere al calcolo di valori medi integrati su un certo intervallo temporale che dipenderà dalla frequenza fondamentale del segnale. Se il tempo di media è maggiore di almeno 3 volte il periodo fondamentale del segnale acustico le oscillazioni dei livelli sono considerate trascurabili.

Anche per i segnali stazionari casuali è possibile lavorare sul tempo di integrazione per ottenere dei livelli stabili e ripetibili. In questo caso occorre tenere presente che, per le caratteristiche statistiche del segnale, l'incertezza nella determinazione dei livelli sonori dipenderà non solo dal tempo di integrazione ma anche dalla larghezza di banda del filtro in esame. Nel caso del rumore bianco la seguente formula fornisce l'incertezza legata all'errore statistico espressa come scarto tipo in decibel.

$$u_s = \frac{4.34}{\sqrt{B \cdot T_{\text{int}}}}$$

La tabella seguente, a titolo d'esempio, riporta tale incertezza per alcuni filtri a banda percentuale costante di un terzo d'ottava per alcuni tempi di integrazione.

<b>T<sub>int</sub></b> <b>[s]</b>	<b>Frequenza centrale [Hz]</b>						
	16	31.5	63	125	250	500	2k
0.5	-	-	-	1.1	0.8	0.6	0.3
1	-	-	1.1	0.8	0.6	0.4	0.2
4	1.1	0.8	0.6	0.4	0.3	0.2	-
20	0.5	0.4	0.3	0.2	-	-	-
100	0.2	0.2	-	-	-	-	-

Taluni segnali acustici possono essere analizzati in termini statistici. L'analisi statistica fornisce informazioni complementari a quella fornita dal calcolo del livello equivalente per segnali che hanno una marcata variabilità temporale. Infatti segnali con evoluzioni temporali completamente diverse, e quindi con impatto completamente diverso sull'apparato uditivo, possono avere lo stesso livello equivalente. Per esempio nell'analisi del rumore prodotto dal traffico stradale conviene rilevare i cosiddetti "livelli statistici" o "percentili" che forniscono una descrizione di rumori fluttuanti nel tempo.

I livelli statistici forniscono il livello sonoro che viene superato in una certa percentuale del tempo di misura e sono rappresentati con il simbolo  $L_x$  dove  $x$  è il valore percentuale; per esempio  $L_{10}$  fornisce il livello sonoro che viene superato nel 10% del tempo di misura. Per il calcolo dei livelli percentili l'analizzatore effettua un campionamento del livello sonoro  $L_p$ , con costante di tempo FAST e ponderazione di frequenza A (tipicamente le misure sono volte a determinare la sensazione uditiva), ad una frequenza, solitamente pari 10 Hz. I livelli sonori così misurati vengono classificati sull'intero campo misure in intervalli di data ampiezza, solitamente una frazione di decibel, chiamati classi. Mentre all'inizio della misura tutte le classi conterranno un numero nullo di campioni, al termine delle misure le classi conterranno un numero di campioni che dipenderà dalla frequenza con cui si è campionato un livello sonoro all'interno del relativo intervallo.

Al termine del periodo di tempo assegnato per le misure si calcolerà dapprima la distribuzione di probabilità, dividendo il contenuto di ciascuna classe per il numero totale di campioni e moltiplicando il risultato per 100, e quindi la distribuzione cumulativa di probabilità che varrà il 100% per livelli inferiori a quello corrispondente alla prima classe contenente almeno un campione ed assumerà valori via via decrescenti fino ad assumere valore nullo per livelli superiori a quello corrispondente all'ultima classe contenente dei campioni.

Dalla definizione dei livelli statistici risulta evidente che  $L_1$  sarà molto vicino al massimo livello misurato mentre  $L_{99}$  sarà molto vicino al minimo livello misurato. Quindi mentre i livelli  $L_1$ ,  $L_5$  ed  $L_{10}$  sono rappresentativi dei livelli di picco del segnale acustico,  $L_{90}$ ,  $L_{95}$  ed  $L_{99}$  sono rappresentativi del rumore di fondo.

Dai livelli statistici sono stati derivati altri parametri caratterizzanti il livello sonoro come per esempio, nella misura di rumorosità del traffico veicolare, è stato definito il "Traffic Noise Index" come:

$$\text{TNI} = 4 \cdot (L_{10} - L_{90}) + L_{\text{eq}}$$

che fornisce valori superiori nel caso di un livello sonoro fortemente fluttuante e quindi caratterizzato da una maggiore differenza tra  $L_{10}$  ed  $L_{90}$ .

### Introduzione

Lo studio dell'acustica negli edifici ha come scopo il miglioramento delle condizioni di vita dell'uomo. L'acustica architettonica studia non solo la propagazione del suono negli ambienti chiusi al fine di migliorare l'ascolto della musica e del parlato, ma anche dell'insonorizzazione delle sorgenti di rumore e dell'isolamento dai rumori indesiderati.

La propagazione del suono negli ambienti chiusi viene studiato al fine di migliorare la distribuzione del suono e la qualità della percezione uditiva, l'intelligibilità della parola, il controllo dell'eco ecc.

Il parametro principale che qualifica un ambiente chiuso dal punto di vista acustico è il **tempo di riverbero**. La differenza tra la percezione di un battito di mani in un normale soggiorno e lo stesso battito di mani in una grande sala, come per esempio una palestra, fa parte del normale bagaglio di esperienze che tutti abbiamo. Il fenomeno deve essere interpretato pensando alla propagazione dell'onda sonora che interagisce con le pareti e fornisce al suono quel "colore" che ci permette di valutare le dimensioni dell'ambiente anche ad occhi bendati.

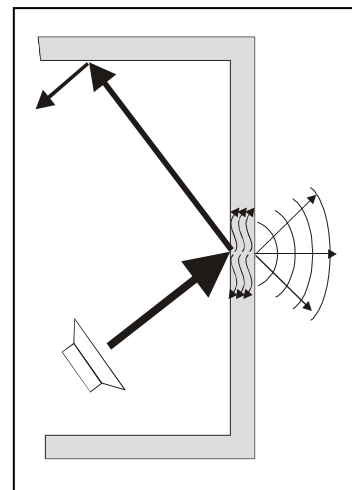
L'**insonorizzazione** e l'**isolamento acustico** di ambienti chiusi viene studiato al fine di ridurre le interferenze tra locali adiacenti oppure provenienti dall'ambiente esterno. Il principio guida è quello della "difesa passiva": si assume cioè che eventuali interventi sulle fonti di rumore, come rumore da traffico veicolare, oppure rumore proveniente da attività industriali e commerciali, siano in genere difficoltosi e complicati e che quindi si debba intervenire sul fabbricato per proteggere le persone che vi operano dai rumori indesiderati, sia provenienti dall'esterno che da altre parti dell'edificio stesso. Vengono quindi studiati sia l'isolamento acustico, attraverso la misura del *potere fono isolante* dei materiali con cui vengono realizzati i divisori che l'*assorbimento acustico*, con la misura del coefficiente di assorbimento acustico. Elementi assorbenti consentono di diminuire il tempo di riverberazione ed in generale il livello di pressione sonora in un ambiente chiuso. Essi sono inoltre utilizzati per isolare una sorgente di rumore rispetto all'ambiente circostante e diminuire il suono riflesso dalle barriere acustiche.

Anche se non esiste a oggi la possibilità di descrivere analiticamente il comportamento acustico di un ambiente chiuso reale, sono tuttavia disponibili modelli semplificati che consentono previsioni quantitative nell'ambito dell'acustica tecnica. Qualitativamente i fattori più importanti nella descrizione del comportamento acustico sono la **riflessione** e l'**assorbimento** acustici ed i "**modi**" dell'ambiente chiuso in esame.

Qualunque corpo solido, quando viene colpito da un'onda sonora, agisce sull'onda attraverso la *riflessione*, l'*assorbimento* e la *trasmissione* della stessa. Parte dell'onda sonora incidente viene riflessa mentre parte viene assorbita dal materiale di cui è costituito il corpo solido; una frazione dell'onda assorbita attraversa l'intero corpo solido e viene trasmessa dallo stesso.

Pensando ad un ambiente chiuso in cui viene posta una sorgente sonora, l'effetto delle pareti sarà di riflettere il suono incidente che, rimbalzando da parete a parete, finirà per propagarsi in tutte le direzioni. Le pareti presenteranno inoltre la capacità di trasmettere parte del suono in modo che anche nei locali adiacenti a quello in esame sarà possibile percepire il suono emesso dalla sorgente. Parte dell'energia sonora verrà infine assorbita dalle pareti stesse e dissipata sotto forma di calore.

Dal punto di vista dell'ascoltatore il suono verrà dapprima percepito come proveniente direttamente dalla sorgente ma poi, con un lieve ritardo, come proveniente da tutte le altre direzioni. Il ritardo di percezione tra onda sonora diretta ed onde riflesse dipende dal cam-



mino compiuto dall'onda sonora che si propaga ad una velocità pari a 343m/s a temperatura ambiente. L'effetto ben noto dell'eco è associato a tempi di ritardo tra onda diretta ed onda riflessa almeno pari ad un ventesimo di secondo, con differenze di cammino di almeno 20m.

L'assorbimento e la trasmissione acustiche sono responsabili del progressivo diminuire dell'energia sonora ad ogni interazione con i materiali di cui sono costituite le pareti. Per questo, se la sorgente sonora viene interrotta, dopo qualche tempo non è più percepibile alcun suono. In una ipotetica stanza, con pareti ad assorbimento e trasmissione nulle, dopo l'interruzione della sorgente sonora il livello sonoro si manterrebbe all'infinito.

### **Teoria modale**

Se si analizza la distribuzione del livello sonoro in una stanza dove è in funzione una sorgente sonora, ci si rende conto del fatto che il livello sonoro presenta dei massimi e dei minimi la cui posizione nello spazio dipende dalla posizione della sorgente e dalle dimensioni della stanza. L'effetto viene spiegato con la **teoria modale**.

Questa teoria spiega come l'onda diretta della sorgente sonora si combini con le onde riflesse dalle pareti formando una serie di massimi e minimi di livello sonoro per cui ciascun ambiente chiuso può essere considerato come un sistema multirisonante con un certo numero di frequenze di risonanza o “*modi*” caratteristici dell'ambiente in esame. Tali modi sono distribuiti nello spettro con densità proporzionale al quadrato della frequenza. Questo implica che il livello sonoro fluttua ampiamente da punto a punto in un ambiente dove sono immessi, in regime stazionario, dei suoni a bassa frequenza. Tali fluttuazioni si ridurranno all'aumentare della frequenza del suono emesso dalla sorgente. Schroeder ha definito (1996) una frequenza caratteristica, chiamata “**frequenza di Schroeder**”, al di sopra della quale è possibile ignorare la teoria modale e quindi considerare il campo sonoro dal punto di vista statistico. Tale frequenza è pari a:

$$f_{lim} \cong 2000 \left( \frac{T}{V} \right)^{1/2}$$

T = tempo di riverbero stimato, V = volume in m<sup>3</sup>

Questa frequenza limite divide gli ambienti in due tipologie: quelli di grandi dimensioni, per i quali la considerazione dei modi non ha senso e quelli più piccoli dove è di interesse il campo delle frequenze basse. Mentre nel caso degli ambienti di grandi dimensioni è possibile analizzare dal punto di vista statistico il campo acustico, nel caso di ambienti di piccole dimensioni è pressoché impossibile fare previsioni quantitative sul comportamento acustico.

### **Tempo di riverbero - definizione**

Nell'acustica tecnica è di primario interesse misurare la rapidità con cui, disattivata la sorgente, il suono si estingue nell'ambiente. Questa misura si effettua calcolando *il tempo necessario affinché il livello sonoro in un punto di osservazione decada di 60dB, a partire dall'istante in cui è disattivata la sorgente; tale intervallo temporale prende il nome di “Tempo di riverberazione”*.

La misura del tempo di riverbero avviene di norma eccitando, in regime permanente stazionario, l'ambiente in esame con una sorgente a larga banda, in modo tale da eccitare la maggioranza dei modi in risonanza; la sorgente viene quindi bruscamente interrotta ed il decadimento del livello di pressione sonora viene registrato, filtrato per bande a larghezza percentuale costante d'ottava o di terzo d'ottava.

Analizzando la curva di decadimento per frequenze centrali inferiori alla frequenza di Schroeder si noteranno comportamenti non lineari come oscillazioni di livello e doppie pendenze mentre, per frequenze superiori alla frequenza limite il decadimento sarà lineare e quindi sarà più agevole misurarne la pendenza e ricavarne quindi il tempo di riverbero. Nei casi in cui calcolando la regressione lineare sul tratto di decadimento del livello sonoro si ottenga un *coefficiente di correla-*

zione inferiore a 0.95 non è possibile (**secondo ISO3382**) definire univocamente il tempo di riverberazione.

Per quanto riguarda gli ambienti di “grandi” dimensioni, i cui limiti sono definiti dalla frequenza di Schroeder, data l’elevata densità modale, il campo sonoro è approssimabile con un’onda piana che si propaga con uguale probabilità in tutte le direzioni, definito come “**campo diffuso**”.

Nella pratica questa approssimazione è da ritenersi valida al di sopra della frequenza di Schroeder in ambienti non eccessivamente assorbenti, ad una distanza sufficiente dalla sorgente sonora e dalle pareti. Con questa approssimazione è possibile calcolare il tempo di riverberazione  $T$  a partire dalle caratteristiche geometriche della stanza con la **formula di Sabine**:

$$T = 0.161 \frac{V}{A}$$

dove  $T$  è il tempo di riverberazione in secondi,  $V$  è il volume in metri cubi ed  $A$  è l’area di assorbimento equivalente della stanza in metri quadri:

$$A = \sum_i \alpha_i S_i$$

dove si sommano gli assorbimenti delle diverse pareti della stanza e di eventuali oggetti che la occupano indicando con  $S_i$  la  $i$ -esima superficie con coefficiente di assorbimento  $\alpha_i$ . Il coefficiente di assorbimento è caratteristico del materiale e dipende dalla frequenza e dall’angolo di incidenza del suono. Dato che  $A$  varia con la frequenza anche *il tempo di riverberazione dipende dalla frequenza ed è in genere maggiore alle basse frequenze, che sono solitamente più difficili da assorbire rispetto alle alte frequenze.*

Il tempo di riverberazione è uno dei parametri utilizzati nella qualificazione acustica di diversi ambienti come aule scolastiche, palestre e palazzetti dello sport, sale per convegni e conferenze, teatri e sale per spettacoli, ecc. Sulla misura del tempo di riverberazione sono inoltre basate le misure di altri parametri acustici come il coefficiente di assorbimento dei materiali, l’isolamento per via aerea e da impatto ecc. **La norma che definisce la misura del tempo di riverberazione è la ISO3382: “Measurement of room acoustic parameters”** che prevede la possibilità di effettuare la misura del tempo di riverbero con la tecnica dell’interruzione della sorgente sonora e quindi utilizzando rumore stazionario, oppure con la tecnica della risposta all’impulso integrata utilizzando sorgenti impulsive.

**Il fonometro HD2110L con l’opzione per la misura del tempo di riverbero è in grado di effettuare l’analisi sia con la tecnica della sorgente sonora interrotta che con la tecnica della sorgente impulsiva.** La misura viene effettuata in parallelo sia per i canali a larga banda A, C e Z che per le bande d’ottava da 125 Hz ad 8 kHz e di terzo d’ottava da 100 Hz a 10 kHz (con l’opzione “terzi d’Ottava”). Il livello sonoro viene integrato linearmente 32 volte al secondo senza interruzioni simultaneamente per tutte le bande di misura, permettendo di misurare tempi di riverbero a partire da 0.37s. Dato che il decadimento sonoro viene misurato per almeno 5 secondi, il massimo tempo di riverbero misurabile secondo ISO 3382 risulta pari a 12s, corrispondente al minimo decadimento consentito, pari a 25dB.

## A7.1 - MISURA DELL’ASSORBIMENTO SONORO

I materiali e gli elementi assorbenti sono largamente utilizzati nel trattamento acustico degli ambienti, soprattutto del soffitto, quando si desidera ridurre l’energia sonora riverberata. Il loro uso consente il controllo del tempo di riverberazione e, a distanze opportune dalla sorgente sonora, del livello di pressione sonora totale presente nell’ambiente. L’assorbimento dell’energia sonora emessa è uno dei metodi utilizzati per ridurre il livello di rumore quando la propagazione del suono avviene all’interno di spazi chiusi come ad esempi i condotti o quando si intende realizzare una cabina

insonorizzata. I materiali assorbenti possono inoltre essere usati per diminuire la riflessione del suono sulle barriere acustiche. La normativa di riferimento è la **ISO 354**.

### ***Strumentazione e condizioni di misura***

Le misure del coefficiente di isolamento acustico si possono effettuare con metodi diversi che richiedono diversa strumentazione. La norma **ISO 354** del 2003 descrive un metodo basato sulla misura del tempo di riverbero mentre la norma **ISO 10534** descrive un metodo basato su semplici misure di livello sonoro.

### ***Norma ISO 354***

La norma ISO 354: “*Acoustics - Measurement of sound absorption in a reverberation room (Misura dell'assorbimento acustico in una camera riverberante)*” è stata aggiornata nel 2003.

Il metodo consiste nel misurare la variazione nel tempo di riverbero associata all'introduzione nella camera di prova di un campione del materiale fonoassorbente.

Secondo questa procedura si deve disporre di una stanza di prova con precise caratteristiche per quanto concerne dimensioni e assorbimento acustico. La sorgente sonora utilizzata per le misure deve essere omnidirezionale, come quella descritta nella ISO 3382. L'apparato di misura consiste in uno o più microfoni con risposta ottimizzata per il campo diffuso. Le misure vanno effettuate con il microfono a distanza di almeno 1m dal campione e dalle pareti riflettenti della stanza ed almeno a 2m dalla sorgente. Le prescrizioni sulle caratteristiche dell'apparato di registrazione sono le stesse della ISO 3382.

Secondo la formula di Sabine il coefficiente di assorbimento acustico, nel caso di campioni fonoassorbenti piani, è definito dalla relazione:

$$\alpha = \frac{55.3}{c} \frac{V}{S} \left( \frac{1}{T_s} - \frac{1}{T_e} \right)$$

dove  $c$  è la velocità del suono (m/s) pari a  $331.6 + 0.6 \cdot T(^{\circ}\text{C})$  (344 m/s a temperatura ambiente),  $\alpha$  è il coefficiente di assorbimento del campione di area  $S$  ( $\text{m}^2$ ),  $V$  è il volume della camera ( $\text{m}^3$ ),  $T_s$  è il tempo di riverberazione con il materiale inserito nella stanza e  $T_e$  è il tempo di riverberazione senza il materiale. Le misure devono essere effettuate per bande d'ottava da 125 Hz a 4 kHz oppure per bande di terzo d'ottava da 100 Hz a 5 kHz.

### ***Norma ISO 10534-1***

La norma ISO 10534: “*Acoustics – Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes – Part 1: Method using standard wave ratio (Determinazione del coefficiente di assorbimento acustico e dell'impedenza in tubi ad impedenza – Parte 1: Metodo che utilizza il rapporto d'onda standard)*” è stata pubblicata nel 1997.

In questo caso, secondo la norma, si genera un rumore all'interno di un tubo ponendo un altoparlante ad una delle estremità ed un campione del materiale da analizzare all'altra estremità. Il coefficiente di assorbimento acustico è calcolabile dal rapporto tra il massimo ed il minimo di pressione sonora all'interno del tubo muovendo un microfono lungo l'asse longitudinale. Questo metodo ha il vantaggio di poter effettuare la misura su piccoli campioni di materiale e non necessita di una camera di prova. La ripetibilità delle misure è ottima ma fornisce, in questo caso, una misura del coefficiente di assorbimento solo ad angolo di incidenza normale.



## A7.2 - MISURA DELL'ISOLAMENTO AL RUMORE AEREO

Si intende *propagazione per via aerea* la propagazione dell'energia sonora dall'ambiente di emissione all'ambiente ricevente sia direttamente che attraverso pareti divisorie. Insieme alla misura dell'isolamento ai rumori impattivi consente di caratterizzare le proprietà di isolamento acustico degli edifici. La normativa di riferimento sono le **ISO 140-3** ed **ISO 140-4**.

### *Strumentazione e condizioni di misura*

La misura dell'isolamento al rumore aereo è il compendio sia di misure in laboratorio che di misure in opera. In laboratorio vengono misurate le proprietà specifiche dei materiali impiegati in edilizia mentre "in situ" si verificano le tecniche di posa e le prestazioni dei materiali impiegati nella costruzione dell'edificio. La strumentazione necessaria per effettuare le misure consiste in una sorgente sonora stabile con spettro di rumore bianco, microfoni di misura almeno di classe 1 secondo le norme IEC651 ed IEC804. L'apparato di misura deve essere verificato con un calibratore conforme alla norma IEC942.

L'analisi in frequenza si effettua con filtri di banda di 1/3 di ottava secondo la norma IEC 1260. La gamma di frequenze deve, come minimo, andare da 100 Hz a 5000 Hz.

### *Norma ISO 140 parte 3 – Misure in laboratorio*

La norma ISO 140 parte 3: "*Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 3: Laboratory measurements of airborne sound insulation of building elements (Misura dell'isolamento acustico di edifici e di elementi di edificio – Parte3: Misura in laboratorio del potere fonoisolante di elementi di edifici)*" è stata pubblicata nel 1995.

La norma stabilisce un metodo per la misura in laboratorio del *potere fonoisolante* di elementi di edificio come pareti, pavimentazioni, serramenti, facciate, ad eccezione degli elementi classificabili di piccole dimensioni per i quali è previsto un apposito metodo di misura nella norma ISO 140-10. I risultati ottenuti possono essere utilizzati per la progettazione e/o la classificazione di tali elementi.

Il *potere fonoisolante "R"* della parete dipende non solo dalle proprietà geometriche e fisiche della parete stessa ma varia con la frequenza e la direzione di provenienza del suono.

La determinazione sperimentale di R avviene in condizioni di campo acustico diffuso utilizzando una stanza divisa in due parti da una parete costituita dal divisorio in esame. Per ogni banda di frequenza, noti i livelli di pressione sonora medi nell'ambiente disturbante L1 e nell'ambiente ricevente L2, il *potere fonoisolante R* (dB) della parete in prova si ottiene dalla espressione:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{S}{A_2}$$

in cui **S** è la superficie del divisorio ed **A<sub>2</sub>** è l'area equivalente di assorbimento acustico dell'ambiente ricevente (m<sup>2</sup>). L'area equivalente di assorbimento acustico A è calcolabile misurando il tempo di riverbero della stanza ricevente (dove si misura L<sub>2</sub>) ed utilizzando la formula di Sabine.

Naturalmente in laboratorio si è cercato di escludere ogni altra propagazione di energia sonora che non sia quella che direttamente attraversa la parete in prova. La norma riporta anche le prescrizioni per il rumore di fondo e per la correzione delle misure quando questo non risulta inferiore di almeno 15dB rispetto ai livelli misurati per ogni banda di frequenze. Il metodo di misura utilizzato nel laboratorio deve rispettare le condizioni di ripetibilità in accordo con la norma ISO140-2. Tale procedimento deve essere periodicamente controllato e verificato.

### *Norma ISO 140 parte 4 – Misure in opera*

La norma ISO 140 parte 4. "*Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 4: Field measurements of airborne sound insulation between rooms (Misu-*

ra dell'isolamento acustico di edifici e di elementi di edificio – Parte 4: Misura in opera dell'isolamento acustico per via aerea tra ambienti interni)” è stata pubblicata nel 1998.

Lo scopo della norma è di stabilire procedure di prova in opera dell'isolamento acustico al rumore aereo di divisori interni, siano essi pareti o solai, di verificare il conseguimento delle condizioni di protezione desiderate e di individuare eventuali difetti di costruzione.

Nelle misure in opera si richiede di calcolare l'*isolamento acustico standardizzato* definito dalla espressione:

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{T_2}{0.5}$$

dove **L<sub>1</sub>** ed **L<sub>2</sub>** sono i livelli medi di pressione sonora rispettivamente nell'ambiente disturbante e nell'ambiente ricevente e **T<sub>2</sub>** è il tempo di riverbero misurato nella camera ricevente.

Nella norma è prevista anche la misura dell'*isolamento acustico normalizzato* definito dalla relazione:

$$D_n = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{A_2}{A_0}$$

dove **A<sub>2</sub>** è l'area equivalente di assorbimento acustico dell'ambiente ricevente (m<sup>2</sup>) ed **A<sub>0</sub>** è l'area di riferimento pari a 10m<sup>2</sup>.

Nell'appendice B della norma vengono riportate le procedure per la misura dell'isolamento acustico in bande di ottava, anziché in terzi di ottava. A tale scopo la gamma di frequenze considerata va da 125 Hz a 4000 Hz.

Nell'appendice C della norma viene riportata la procedura per la misura della trasmissione laterale, che nelle misure in opera può assumere un'importanza fondamentale.

### A7.3 - MISURA DEL RUMORE DI CALPESTIO

Si intende **propagazione per via strutturale** la propagazione dell'energia sonora dall'ambiente di emissione, dove le onde sonore sono generate da urti e vibrazioni, all'ambiente ricevente per via solida, attraverso le strutture dell'edificio. Insieme alla misura dell'isolamento al rumore aereo consente di caratterizzare le proprietà di isolamento acustico degli edifici. La normativa di riferimento sono le **ISO 140-6** ed **ISO 140-7**.

#### Strumentazione e condizioni di misura

Le misure di isolamento al rumore da impatto sono il compendio sia di misure in laboratorio che di misure in opera. In laboratorio vengono misurare le proprietà specifiche dei materiali impiegati in edilizia mentre “in situ” si verificano le tecniche di posa e le prestazioni dei materiali impiegati nella costruzione dell'edificio. La strumentazione necessaria per effettuare le misure consiste in una sorgente di rumore da impatto standardizzata, microfoni di misura almeno di classe 1 secondo le norme IEC 651 ed IEC 804. L'apparato di misura deve essere verificato con un calibratore conforme alla norma IEC 942. L'analisi in frequenza deve essere effettuata con filtri di banda di 1/3 di ottava secondo la norma IEC 1260. La gamma di frequenze deve andare almeno da 100Hz a 5000Hz.

La sorgente di rumore standard viene descritta nell'appendice A della norma ISO 140-6 ed è costituita da una serie di 5 martelli da 0.5 kg ciascuno che cadono a turno da un'altezza di 4 cm generando una sequenza di 10 impatti al secondo. Anche se l'effetto sul pavimento ed il livello sonoro percepito nel locale sottostante sono molto superiori a quelli normalmente associati al passo umano tali livelli sono necessari per assicurare un buon rapporto segnale/rumore e quindi per assicurare la riproducibilità dei risultati.

### ***Norma ISO 140 parte 6 – Misure in laboratorio***

La norma ISO 140 parte 6. *"Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 6: Laboratory measurements of impact sound insulation of floors (Misura dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Parte 6: Misura in laboratorio dell'isolamento dai rumori di calpestio di solai)"* è stata pubblicata nel 1998.

Lo scopo di tale norma è stabilire un metodo di misura in laboratorio della trasmissione del rumore di calpestio attraverso i solai usando un generatore normalizzato di calpestio. I risultati ottenuti possono essere usati per confrontare le proprietà isolanti dei solai e per classificarli in base ad esse.

Le misure in laboratorio prevedono due tipi di prove: una per il solaio completo ed una per i rivestimenti di pavimento da allestire su solaio standard.

Nel primo caso viene rilevato il valore del livello di rumore di calpestio normalizzato  $L_n$  definito dalla relazione:

$$L_n = L_2 + 10 \log \frac{A_2}{A_0}$$

dove  $L_2$  è il valore medio della pressione sonora misurato nell'ambiente ricevente quando sul pavimento in prova è in funzione il generatore,  $A_2$  è l'area equivalente di assorbimento acustico dello stesso ambiente e  $A_0$  è l'area equivalente di assorbimento acustico di riferimento, pari a 10 m<sup>2</sup>.

Per quanto riguarda i rivestimenti di pavimento, la grandezza che descrive il loro comportamento acustico è l'*attenuazione del rumore di calpestio* definita dall'espressione:

$$DL = L_{no} - L_n$$

dove  $L_{no}$  è il livello di rumore di calpestio normalizzato che si misura quando il generatore è in funzione sul solaio normalizzato.

### ***Norma ISO 140 parte 7 – Misure in opera***

La norma ISO 140 parte 7. *"Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 7: Field measurements of impact sound insulation of floors (Misura dell'isolamento acustico di edifici e di elementi di edifici – Parte 7: Misura in opera dell'isolamento dai rumori di calpestio di solai)"* è stata pubblicata nel 1998.

Le misure in opera vengono eseguite in edifici finiti e riguardano l'intero solaio. La procedura di misura è analoga a quella adottata in laboratorio e fornisce il valore del livello di calpestio normalizzato  $L_n$  (con trasmissioni laterali) ed il livello di calpestio standardizzato  $L_{nT}$ .

Il livello di rumore di calpestio normalizzato  $L_n$  è calcolato con le stesse modalità descritte per le misure in laboratorio.

Il livello di calpestio standardizzato  $L_{nT}$  è calcolato nel seguente modo:

$$L_{nT} = L_n - 10 \log \frac{T_2}{T_0}$$

dove  $T_2$  è il tempo di riverberazione nell'ambiente ricevente e  $T_0$  è il tempo di riverberazione di riferimento pari a 0.5 s.

## A8. UNITÀ PER ESTERNI HDWME - MONTAGGIO, SMONTAGGIO E MANUTENZIONE

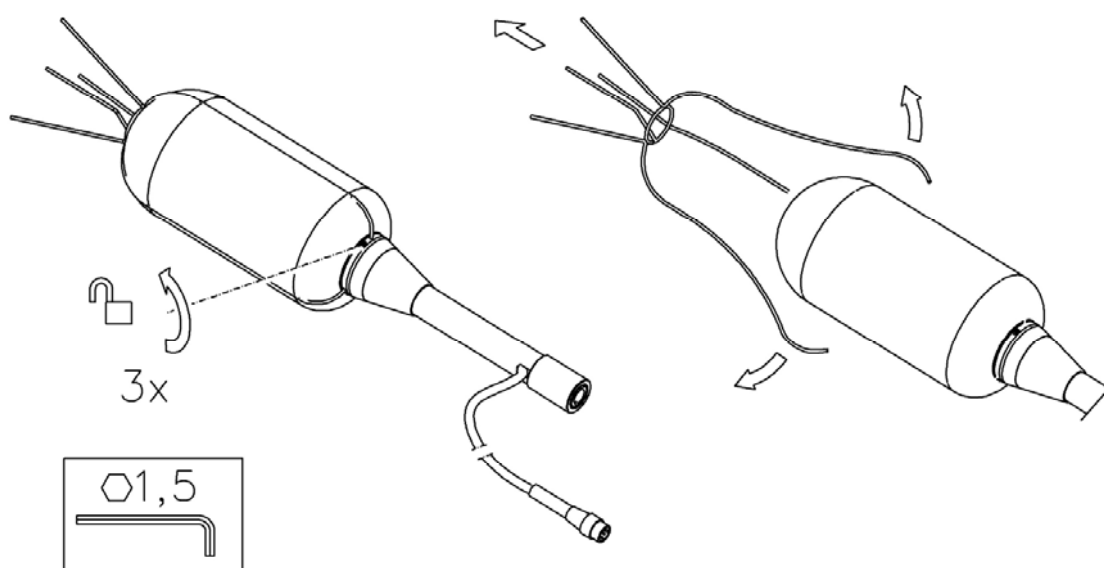
Si riportano di seguito le indicazioni operative per lo smontaggio, il montaggio e la manutenzione periodica dell'unità per esterni HDWME.

### A8.1 - Smontaggio

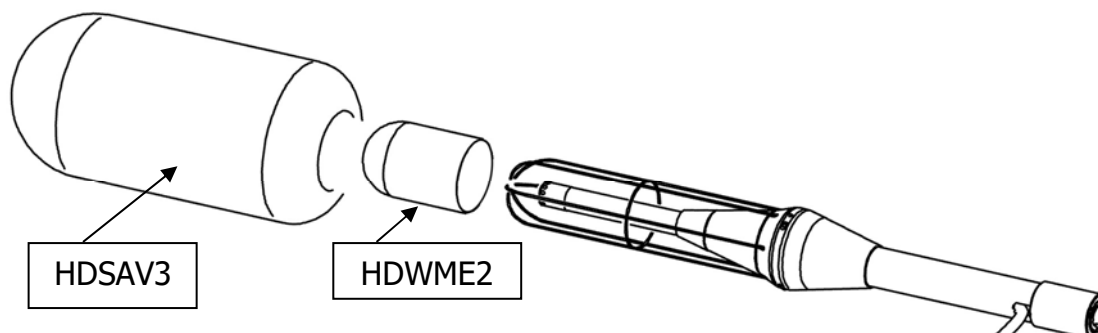
Per smontare completamente l'unità, occorre dotarsi di una chiavetta maschio esagonale da 1.5mm e una chiave esagonale da 14mm.

Per separare tutti i componenti dell'unità, procedere come segue;  
per estrarre il gruppo preamplificatore-capsula microfonica per eseguire la calibrazione, partire dal punto 3:

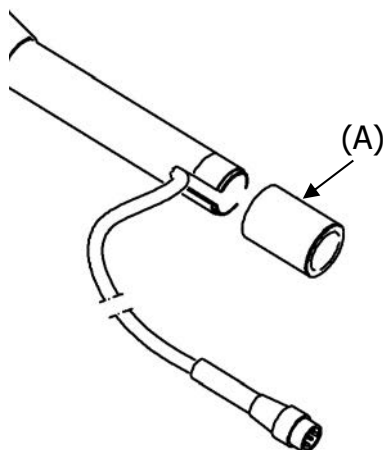
1. Rimuovere il dissuasore per volatili allentando le tre viti a testa esagonale poste alla base dello schermo antivento.



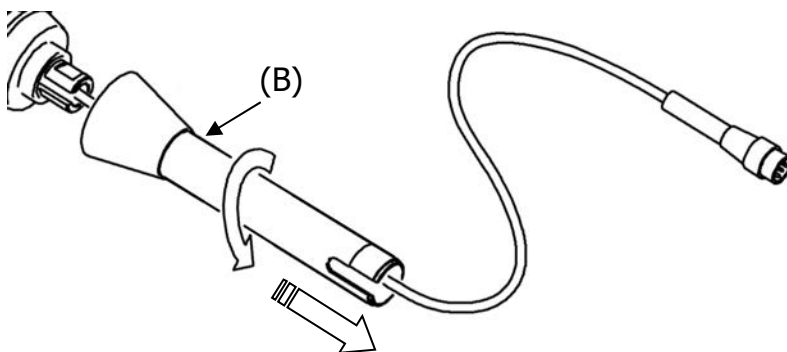
2. Sfilare verso l'alto lo schermo antivento HDSAV3 e la protezione per la pioggia HDWME2.



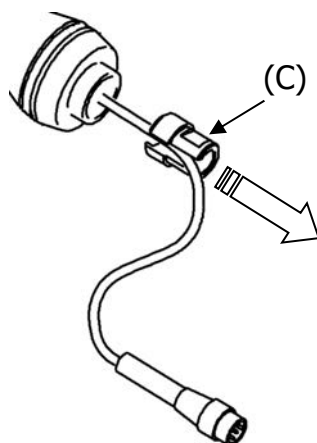
3. Svitare il terminale posto all'estremità inferiore dello stelo (A).



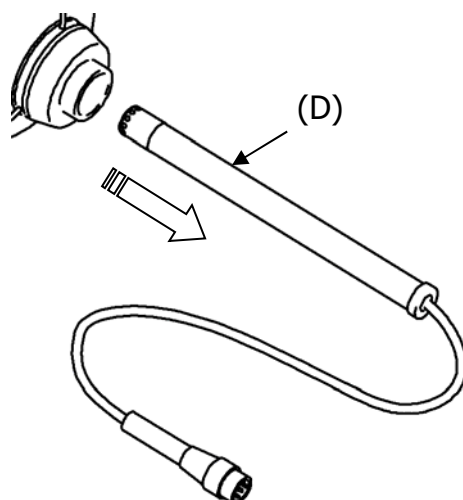
4. Svitare lo stelo (B) e sfilare il cavo connesso al preamplificatore.



5. Svitare la ghiera di fissaggio del preamplificatore (C) servendosi, se necessario, di una chiave esagonale da 14mm. Fare attenzione a non torcere il cavo del preamplificatore.



6. Estrarre il preamplificatore (D) tirandolo lentamente verso il basso. A questo punto la capsula microfonica è accessibile ed è pertanto possibile procedere con la calibrazione.



Per i dettagli sulla calibrazione, si veda la sezione dedicata a pag. 63.

7. Per l'assemblaggio della protezione, procedere come specificato nel paragrafo seguente.

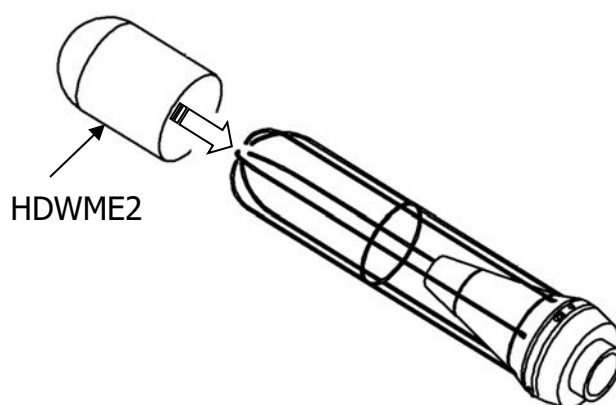
### **A8.2 - Montaggio**

Per assemblare l'unità, occorre dotarsi di una chiavetta maschio esagonale da 1.5mm e una chiave esagonale da 14mm.

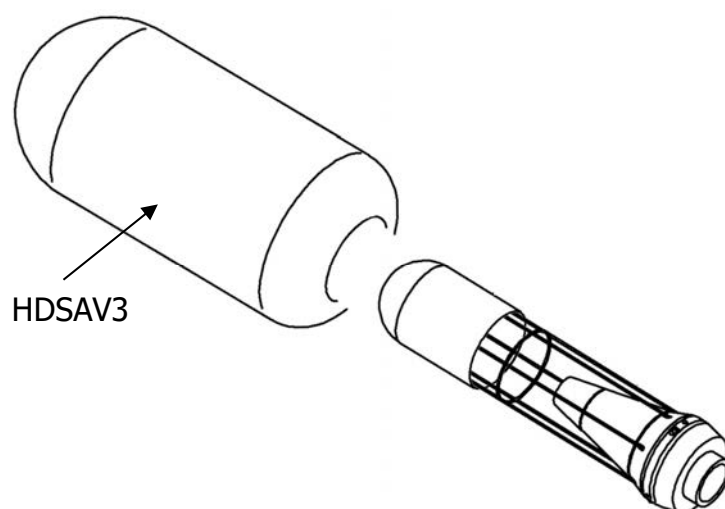
Per assemblare completamente la protezione, si parte dal punto 1.

Se si deve solo assemblare il preamplificatore con il microfono dopo la calibrazione, si parte dal punto 4.

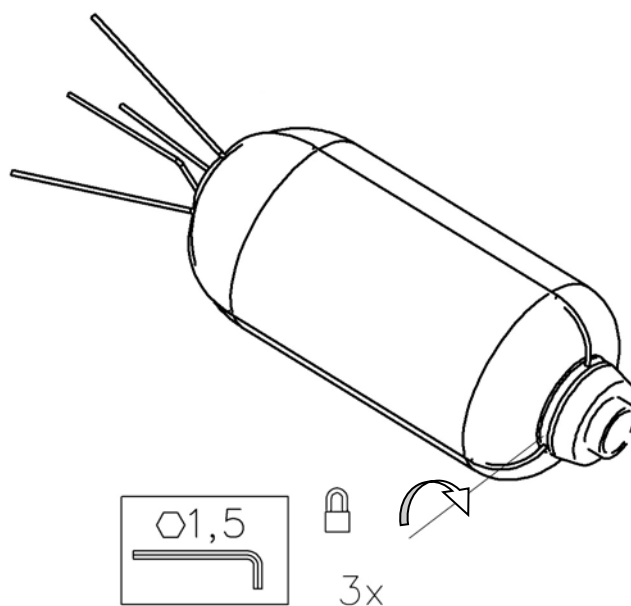
1. Infilare la protezione antipioggia HDWME2 sulla griglia metallica del supporto.



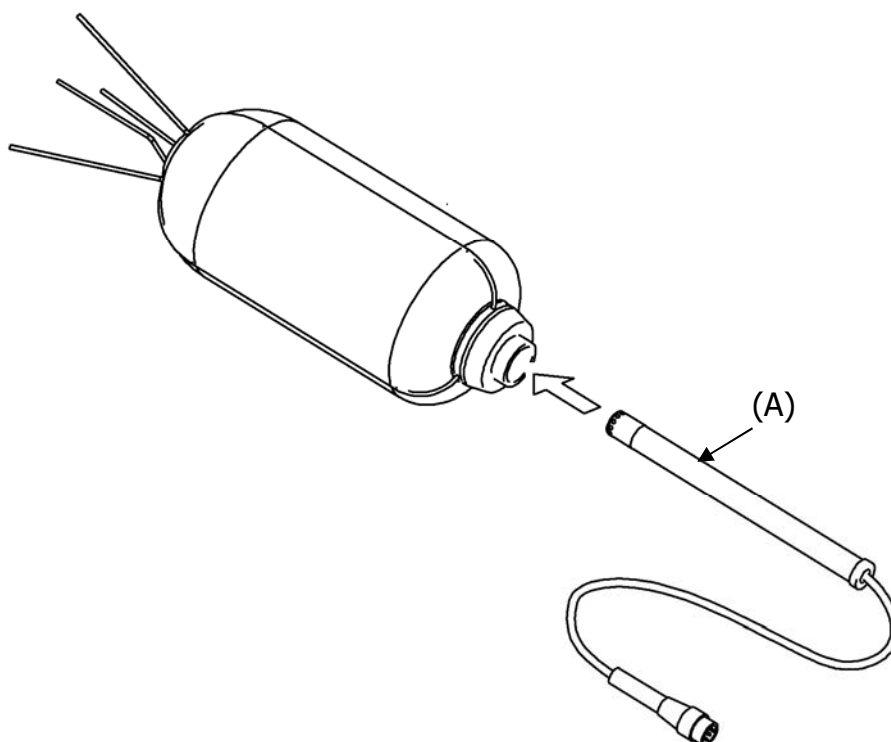
2. Inserire la cuffia antivento HDSAV3.



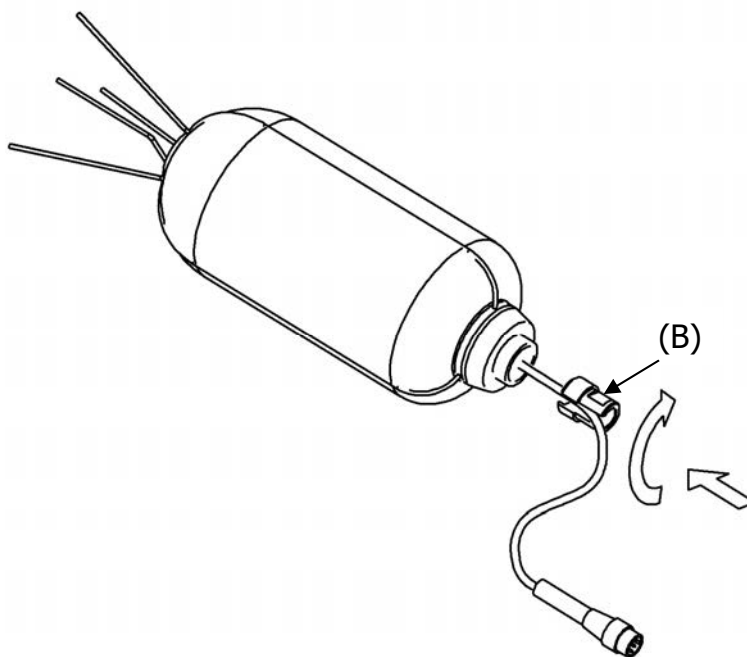
3. Applicare il dissuasore per volatili e fissarlo mediante le tre viti a testa esagonale poste sul supporto alla base dello schermo antivento.



4. Inserire il preamplificatore (A) nel supporto spingendolo lentamente verso l'alto, fino a mandarlo in battuta.

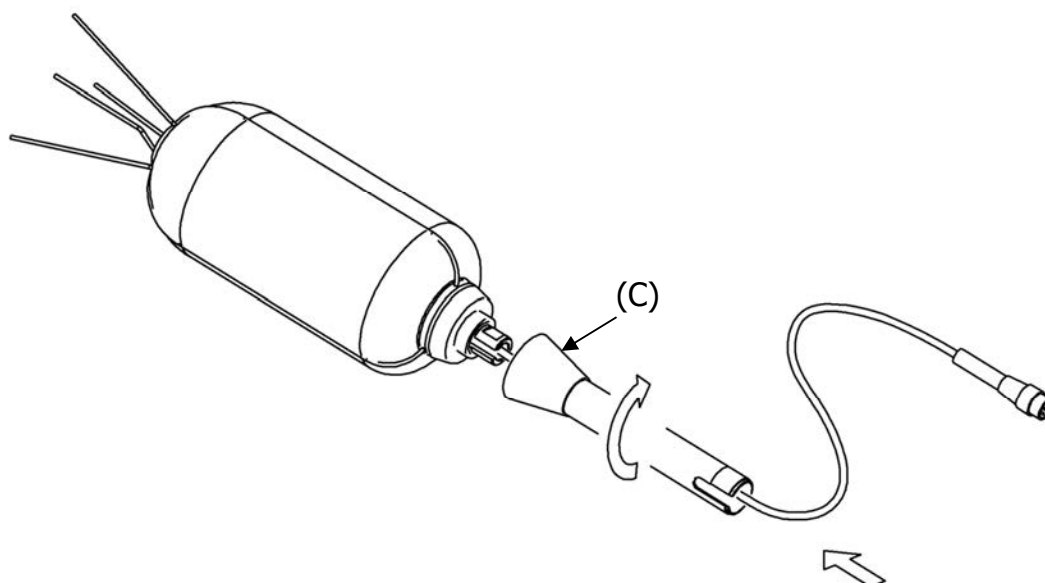


5. Avvitare il passacavo (B) servendosi, se necessario, di una chiave esagonale da 14mm. Fare attenzione a non torcere il cavo del preamplificatore.

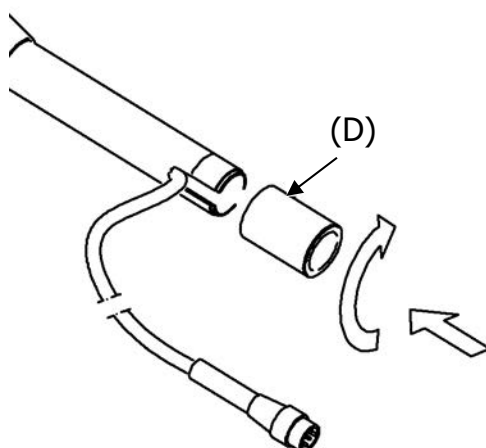




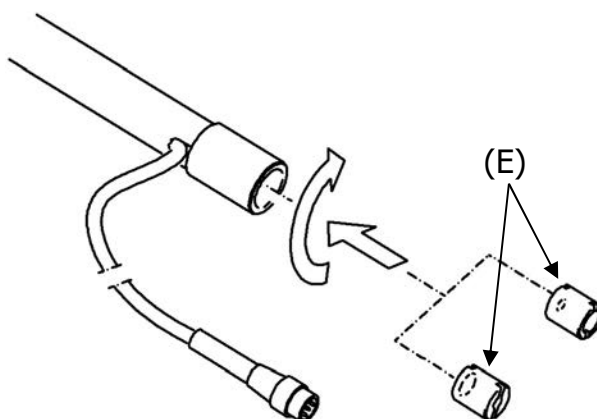
6. Infilare il cavo connesso al preamplificatore attraverso lo stelo (C) e avvitare quest'ultimo al supporto.



7. Avvitare il terminale posto all'estremità inferiore dello stelo (D) facendo uscire il cavo lateralmente.



8. Per fissare la protezione per esterni si può usare il terminale filettato (D) oppure si può applicare il raccordo (E) ad un cavalletto. Il terminale (E) prevede due filettature da 1/2" e da 1/4".



## A9. DEFINIZIONI

**Frequenza:** è il numero di oscillazioni al secondo, è espressa in Hertz (Hz).

**Lunghezza d'onda:** è la distanza fra due massimi adiacenti di pressione, è espressa in metri (m).

**Periodo:** è l'intervallo di tempo necessario per compiere un'oscillazione completa, è espresso in secondi (s).

**Velocità di propagazione del suono:** è lo spazio percorso dal fronte dell'onda sonora nell'unità di tempo, è espressa in metri/secondo (m/s). La velocità di propagazione dipende dal mezzo e nell'aria, a temperatura ambiente, è pari a circa 344 m/s.

**Decibel:** il decibel (simbolo dB) è definito da:

$$dB = 20 \cdot \log_{10} \frac{X}{X_0}$$

dove: X è il valore della grandezza misurata.  
X<sub>0</sub> è il valore di riferimento della misura stessa (cui corrispondono 0dB).

**Pressione sonora:** la pressione sonora è il valore della variazione della pressione atmosferica causata da perturbazioni acustiche, è espressa in Pascal.

**Pressione sonora di riferimento:** la pressione sonora presa come riferimento per il calcolo del livello di pressione; è pari a  $20 \cdot 10^{-6}$  Pascal e corrisponde alla soglia uditiva umana media alla frequenza di 1 kHz.

**Valore efficace:** il valore efficace della pressione sonora ( $p_{rms}$ ) è il valore di pressione costante che è energeticamente equivalente a quello istantaneo p in un certo intervallo di tempo T.

$$p_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} p^2(t) dt}$$

dove: T =  $t_2 - t_1$  è l'intervallo di tempo considerato.  
 $p^2(t)$  è il quadrato della pressione sonora all'istante t nell'intervallo  $t_1 \div t_2$ .

rms significa "ROOT MEAN SQUARE" cioè radice quadrata del valore medio dei quadrati.

Il valore efficace della pressione sonora è espresso in Pa ed assume importanza nella misura del suono in quanto il valore è direttamente legato alla quantità di energia contenuta nel segnale sonoro.

**Fattore di cresta:** è il rapporto fra il valore massimo ed il valore efficace di una grandezza, misurato in un certo intervallo di tempo rispetto al valore medio aritmetico.

**Livello di pressione sonora:** è definito dall'espressione:

$$L_p = 20 \cdot \log_{10} \frac{p_{rms}}{p_0}$$

dove:  $p_{rms}$  = valore efficace della pressione.  
 $p_0$  = pressione sonora di riferimento.

Il livello di pressione sonora  $L_p$  (anche indicato come SPL) è espresso in dB.

**Livello di pressione sonora con ponderazione di frequenza:** Il livello di pressione sonora può essere pesato in frequenza mediante l'applicazione di un filtro che alteri in modo predeterminato la composizione spettrale del segnale. I filtri definiti standard in acustica sono denominati A e C.

**Livello di pressione sonora con ponderazione temporale:** Il livello di pressione sonora può essere pesato esponenzialmente nel tempo con una determinata costante di tempo. Esso è definito dall'espressione:

$$L_{\gamma p} = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{1}{\tau} \int_{-\infty}^t \frac{p^2(\xi) \cdot e^{-\frac{t-\xi}{\tau}}}{p_0^2} d\xi \right)$$

dove:  $\tau$  = costante di tempo espressa in secondi.  
 $Y$  = simbolo relativo alla costante di tempo utilizzata.  
 $\xi$  = variabile fittizia per l'integrazione sul tempo passato fino all'istante di misura  $t$ .  
 $p^2(\xi)$  = il quadrato della pressione istantanea.  
 $p_0^2$  = il quadrato della pressione di riferimento.

Il livello di pressione sonora può essere ponderato nel tempo con due costanti di tempo definite standard: FAST (F) e SLOW (S) pari rispettivamente a 0.125s ed 1s. Per l'identificazione di componenti impulsive è stata definita come standard anche una terza ponderazione temporale chiamata IMPULSE (I) che presenta una costante di tempo per livelli crescenti pari a 35ms mentre per livelli decrescenti è pari a 1.5s.

Il livello di pressione sonora può essere pesato sia in frequenza che in tempo. Per esempio si indicherà con  $L_{AFp}$  il livello ponderato in frequenza con filtro A e con costante di tempo FAST.

**Livello di pressione sonora di picco:** rappresentato con il simbolo  $L_{pk}$  è pari al valore assoluto della massima pressione sonora in un certo intervallo di tempo, espresso in decibel. Il livello di picco della pressione sonora può essere ponderato in frequenza.

**Livello di pressione sonora continuo equivalente:** rappresentato con il simbolo  $L_{eq}$  è definito su un determinato intervallo temporale  $T$  come:

$$L_{eq,T} = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{1}{T} \int_{t-T}^t \frac{p^2(\xi)}{p_0^2} d\xi \right)$$

dove:  $T = t_2 - t_1$  è l'intervallo di tempo in esame.  
 $\xi$  = variabile fittizia per l'integrazione sul tempo passato fino all'istante di misura  $t$ .  
 $p^2(\xi)$  = il quadrato della pressione istantanea.  
 $p_0^2$  = il quadrato della pressione di riferimento.

Il livello di pressione sonora equivalente può essere ponderato in frequenza. Per esempio si indicherà con  $L_{Aeq,T}$  il livello di pressione sonora equivalente sull'intervallo  $T$ , ponderato in frequenza con filtro A.

*$L_{eq}$  totale calcolato misurando  $L_{eq}$  parziali*

Nel caso si desideri ottenere il  $L_{eq}$  totale avendo misurato  $L_{eq}$  parziali, si può utilizzare la formula:

$$L_{eq} = 10 \cdot \log_{10} \sum_1^n \frac{T_i}{T} \cdot 10^{\frac{L_{eq,i}}{10}}$$

Dove  $T = \sum_i^n T_i$

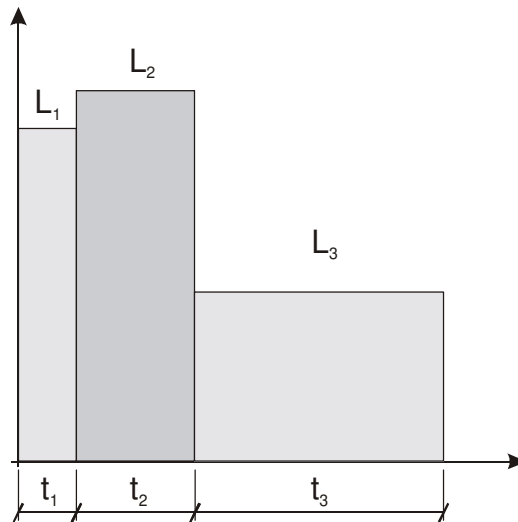
Esempio:

Supponiamo di avere misurato:

$L_{eq,1} = 80\text{dB}$  su 1 h.

$L_{eq,2} = 90\text{dB}$  su 2 h.

$L_{eq,3} = 50\text{dB}$  su 5 h.



$$L_{eq,T} = 10 \cdot \log_{10} \left[ \frac{T_1 \cdot 10^{\frac{L_{eq,1}}{10}} + T_2 \cdot 10^{\frac{L_{eq,2}}{10}} + T_3 \cdot 10^{\frac{L_{eq,3}}{10}}}{T_1 + T_2 + T_3} \right]$$

$L_{eq,1}, L_{eq,2}, L_{eq,3}$  livelli equivalenti parziali.

$T_1, T_2, T_3$  tempi d'integrazione dei livelli equivalenti parziali.

$L_{eq,T}$  livello equivalente totale.

Nell'esempio  $T = 1 \text{ h} + 2 \text{ h} + 5 \text{ h} = 8 \text{ h}$ .

Ottengo:

$$L_{eq,T} = 10 \cdot \log_{10} \left[ \frac{1 \cdot 10^8 + 2 \cdot 10^9 + 5 \cdot 10^5}{8} \right] = 84.2\text{dB}$$

**Livello di esposizione sonora:** rappresentato con il simbolo  $L_E$  (oppure SEL) è definito su un determinato intervallo temporale  $t_1 \div t_2$  come:

$$L_{E,T} = 10 \cdot \log_{10} \left( \int_{t_1}^{t_2} \frac{p^2(t)}{p_0^2 \cdot T} dt \right) = L_{eq,T} + 10 \cdot \log_{10} \frac{T}{T_0}$$

dove:  $T = t_2 - t_1$  è l'intervallo di tempo in esame.

$p^2(t)$  = il quadrato della pressione istantanea.

$p_0^2$  = il quadrato della pressione di riferimento.

$L_{eq,T}$  = livello di pressione sonora continuo equivalente sull'intervallo  $T$ .

$$T_0 = 1 \text{ s.}$$

Il livello di esposizione sonora  $L_E$  è espresso in decibel e può essere ponderato in frequenza. Per esempio si indicherà con  $L_{AE}$  il livello di esposizione sonora ponderato in frequenza con filtro A.

### Dose

Nel campo del monitoraggio del rumore ambientale, volto alla prevenzione dal danno uditivo, si utilizza la misura della “Dose” di rumore intesa come frazione percentuale di un massimo di esposizione giornaliera al rumore:

$$D(Q) = \frac{100}{T_c} \cdot \int_0^T 10^{\frac{L-L_c}{q}} dt$$

$D(Q)$  = percentuale di esposizione per un fattore di scambio (Exchange Rate) pari a  $Q$ .

$T_c$  = durata di esposizione giornaliera (solitamente 8 ore).

$T$  = durata della misura.

$L$  = livello di pressione sonora quando è superiore al livello di soglia (Threshold Level) e  $-\infty$  altrimenti.

$L_c$  = livello di riferimento (Criterion Level) per un'esposizione giornaliera corrispondente al 100% di dose.

$Q$  = fattore di scambio (Exchange Rate).

$q$  = parametro dipendente dal fattore di scambio pari a:

- 10 per  $Q = 3\text{dB}$
- $5/\log 2$  per  $Q = 5\text{dB}$
- $4/\log 2$  per  $Q = 4\text{dB}$



## NOTE

---

## GARANZIA

Il fabbricante è tenuto a rispondere alla "garanzia di fabbrica" solo nei casi previsti dal Decreto Legislativo 6 settembre 2005, n. 206. Ogni strumento viene venduto dopo rigorosi controlli; se viene riscontrato un qualsiasi difetto di fabbricazione è necessario contattare il distributore presso il quale lo strumento è stato acquistato. Durante il periodo di garanzia (24 mesi dalla data della fattura) tutti i difetti di fabbricazione riscontrati sono riparati gratuitamente. Sono esclusi l'uso improprio, l'usura, l'incuria, la mancata o inefficiente manutenzione, il furto e i danni durante il trasporto. La garanzia non si applica se sul prodotto vengono riscontrate modifiche, manomissioni o riparazioni non autorizzate. Soluzioni, sonde, elettrodi e microfoni non sono garantiti in quanto l'uso improprio, anche solo per pochi minuti, può causare danni irreparabili.

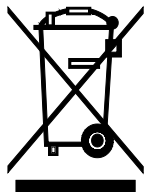
Il fabbricante ripara i prodotti che presentano difetti di costruzione nel rispetto dei termini e delle condizioni di garanzia inclusi nel manuale del prodotto. Per qualsiasi controversia è competente il foro di Padova. Si applicano la legge italiana e la "Convenzione sui contratti per la vendita internazionale di merci".

## INFORMAZIONI TECNICHE

Il livello qualitativo dei nostri strumenti è il risultato di una continua evoluzione del prodotto. Questo può comportare delle differenze fra quanto riportato nel manuale e lo strumento che avete acquistato.

Ci riserviamo il diritto di modificare senza preavviso specifiche tecniche e dimensioni per adattare alle esigenze del prodotto.

## INFORMAZIONI SULLO SMALTIMENTO



Le apparecchiature elettriche ed elettroniche con apposto specifico simbolo in conformità alla Direttiva 2012/19/UE devono essere smaltite separatamente dai rifiuti domestici. Gli utilizzatori europei hanno la possibilità di consegnarle al Distributore o al Produttore all'atto dell'acquisto di una nuova apparecchiatura elettrica ed elettronica, oppure presso un punto di raccolta RAEE designato dalle autorità locali. Lo smaltimento illecito è punito dalla legge.

Smaltire le apparecchiature elettriche ed elettroniche separandole dai normali rifiuti aiuta a preservare le risorse naturali e consente di riciclare i materiali nel rispetto dell'ambiente senza rischi per la salute delle persone.

CE RoHS



**senseca**

Si prega di prendere nota del nostro nuovo nome:

Senseca Italy Srl

Via Marconi 5, 35030 Padua, Italy

I documenti sono in fase di modifica