



## Appunti di acustica pratica n°13

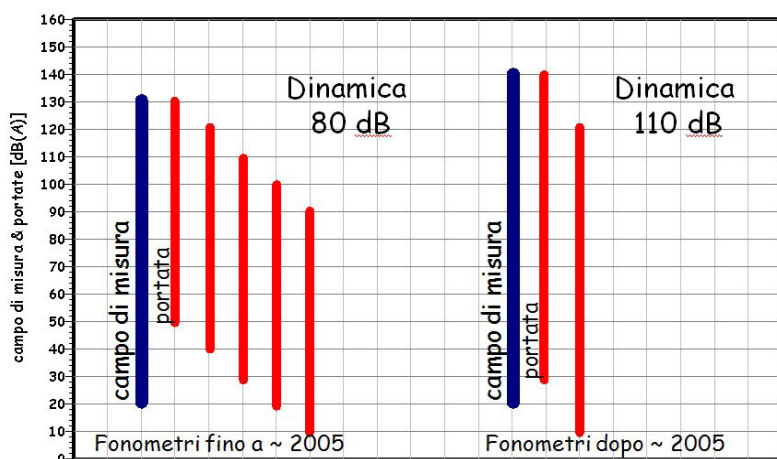
# Compensare l'influenza del rumore del convertitore analogico-digitale sull'accuratezza della misura



B. Abrami [babrami@spectra.it](mailto:babrami@spectra.it)

**1.- Premessa.** - L'occasione di scrivere sull'argomento in titolo mi è stata data da una mail di un cliente che si è accorto della forma anomala di quattro spettri da misure di "requisiti acustici", due rumori di fondo e due livelli da calpestio. Ovviamente un complimento al cliente che ha incominciato ad imparare a leggere e ha visto l'anomalia sul risultato delle misure. Molte delle cose che verranno dette a seguire, specialmente le indicazioni su dinamica e portata hanno carattere orientativo, per utilizzare quanto verrà descritto a seguire ognuno deve andare a vedere sul manuale del suo fonometro o del suo analizzatore, quale sia lo specifico campo di misura e le sue portate e i livelli del rumore intrinseco nelle varie portate.

**2.- Di cosa si tratta.** - Ogni fonometro e ogni analizzatore hanno un loro campo di misura indicato nelle caratteristiche tecniche, ad esempio 20 - 140 dB<sub>rms</sub> per una dinamica (massimo misurabile - minimo misurabile) di 120 dB. Per la maggior parte dei



fonometri e degli analizzatori correnti tale campo di misura non può essere coperto da una unica portata di misura. La generazione precedente alla attuale offriva portate di 80 dB, quella attuale di 110 dB. Nella figura a sx possiamo veder una schematizzazione del rapporto campo di misura - portate in

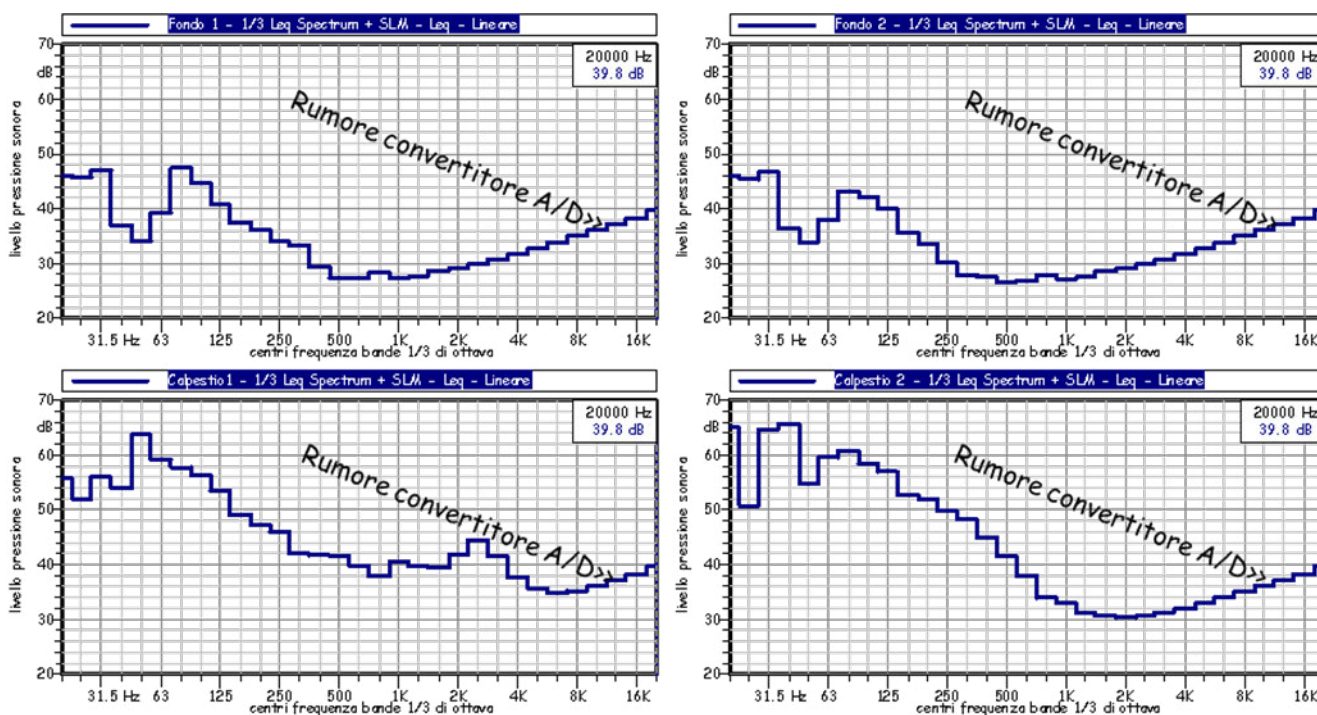
relazione alla variazione della dinamica del convertitore analogico-digitale (A/D converter) da 80 a 110 dB. Un fonometro ante 2005 copriva il campo di misura con 3 o 6 portate, a seconda se il salto da una all'altra era di 10 o 20 decibel, un fonometro post-2005 con due portate. L'inizio del campo di misura è posto, in questo scritto, a 20 decibel per non dover parlare del rumore intrinseco di microfono e preamplificatore che non sono l'oggetto del presente scritto, così come non parleremo delle portate inferiori

(0-80, 10-90, o 0-110 decibel) perchè "pescano" nel summenzionato rumore intrinseco di microfono e preamplificatore.

Se guardiamo alla portata 50-130 a sx della figura soprastante, dobbiamo realizzare il fatto che quando usiamo questa portata, con un limite inferiore di 50 dB(A), alla presenza di un campo acustico puntuale di 40 o di 30 dB(A) il nostro fonometro leggerà comunque 50 dB(A), con un errore di accuratezza di +10 dB o +20 dB.

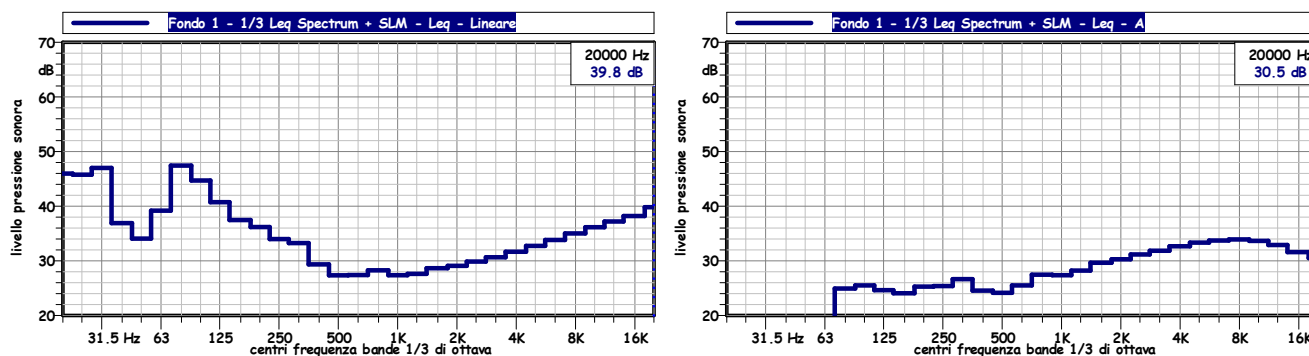
Errore che origina dal nostro non sapere usare l'oggetto.

Usando un fonometro dotato di un convertitore A/D da 80 dB la tecnica per evitare questo errore è quella di partire dalla portata più bassa e passare ad una portata più alta solo se si osserva che durante la misura il fonometro va in sovraccarico (overload), in questo modo si ottimizza, ai fini della accuratezza, l'uso della dinamica di portata disponibile. Si ha vita più facile se la dinamica di portata è di 110 dB, ma anche qui resta il problema, se usiamo la portata superiore (30-140 dB) e il campo acustico puntuale è di 20 dB(A) il nostro fonometro leggerà comunque 30 dB(A). Accade così che si ritorna a casa dopo aver fatto delle misure e ci si trova di fronte a risultati come quelli presentati a seguire:



Le misure sono fatte con il fonometro Larson Davis 831 con portata "normale" per i filtri e "OdB" per i globali, impostazioni che corrispondono ad una portata di misura, per l'analisi in 1/3 di ottava, da circa 40 a 140 dB<sub>rms</sub>. Con una stima occhiometrica dell'errore di accuratezza, per quel che riguarda le misure di calpestio, possiamo subito dire che quella in basso a sx non è gran chè rovinata, mentre quella in basso a dx lo è

pesantemente (vedi i livelli a 4 kHz). Le misure di rumore di fondo invece sono entrambe da buttare, salvo poterle correggere. Vediamo di una lo spettro pesato "A":



E' chiaro come il livello ponderato "A" sia controllato dal solo rumore del convertitore A/D e che quindi tutta la misura è un artefatto.

**3.- Misurare il rumore intrinseco del convertitore A/D.-** Conoscendo i livelli in banda del rumore da convertitore del proprio fonometro, è ovviamente possibile sottrarli dal risultato della misura e riavere la misura pulita, senza artefatti. Bisogna prima però sapere questi numeri.

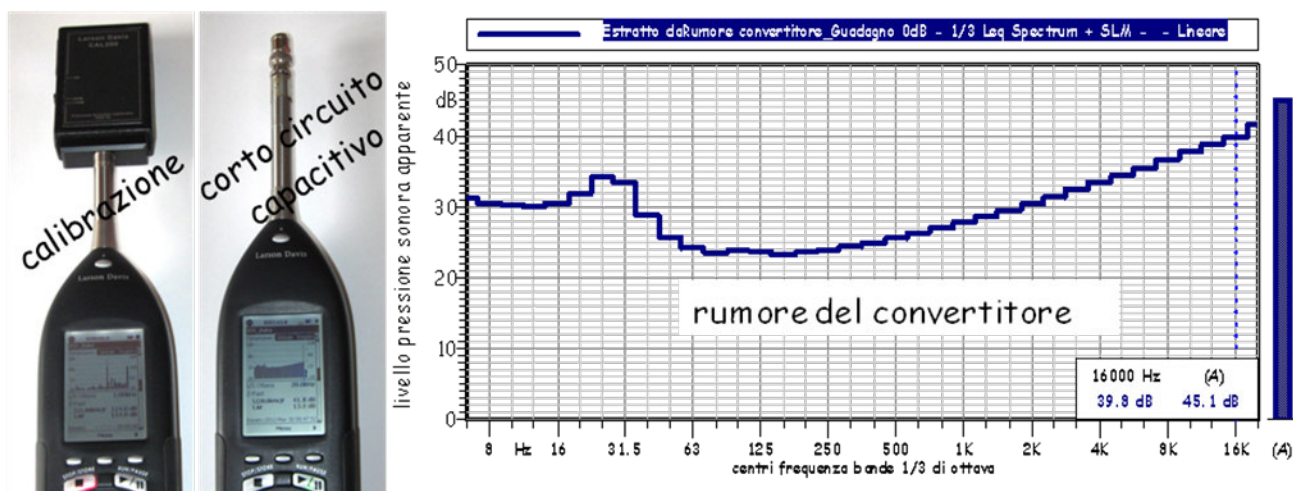
Il manuale del fonometro deve averli dichiarati per cui andando a vedere il manuale si troveranno certamente, di solito negli annessi. Bisogna però sapere che quei valori sono misurati con il fonometro messo così, come esce dalla fabbrica. Un fonometro che esce dalla fabbrica è "tarato" per leggere decibel riferiti ad 1 microvolt ( $dB_{ref\ 1\ microvolt}$ ), per i quali  $94\ dB_{ref,1\mu V}$  sono pari a 50,0 mV. Se abbiamo in dotazione un microfono da 50,0 mV/Pa vedremo che durante la calibrazione il guadagno dello stadio di ingresso non verrà minimamente modificato, 1,0 Pascal per quel microfono sono 50,0 mV e quindi  $94\ dB_{ips}$ , come 50,0 mV sono  $94\ dB_{ref,1\mu V}$ , a prescindere da chi li genera. In queste condizioni il rumore del convertitore del vostro fonometro è quello del manuale. Se invece avete in dotazione un microfono da 40 mV/Pa nella fase della calibrazione il vostro fonometro aumenterà il guadagno dello stadio di ingresso di  $20\log_{10}(50/40) = 20\log_{10}(1,25) = 1,9\ dB$ . Decibel, questi ultimi, senza nessun riferimento perché sono decibel di guadagno puri e semplici. Il fonometro, per leggere  $94,0\ dB_{ips}$ , vuole sempre e comunque "vedere" 50,0 mV, e questo è il senso tecnico della calibrazione.

Di conseguenza all'aumento del guadagno di 1,9 dB, dopo la calibrazione, anche il rumore del convertitore verrà amplificato di 1,9 dB. Arriviamo quindi all'idea che non possiamo usare i livelli del manuale ma dobbiamo misurare il rumore del nostro fonometro dopo averlo calibrato.

Per misurare il solo rumore del convertitore dobbiamo rendere acusticamente insensibile il nostro strumento, cosa che si può fare solo sostituendo al microfono un corto circuito capacitivo. Quindi:

1. si calibra il fonometro;
2. lo si mette sulla portata o combinazione di portate della/delle quale/i si vuole conoscere il rumore intrinseco;
3. si sostituisce il microfono con il corto circuito capacitivo<sup>i</sup> (deve avere la stessa capacità del microfono);
4. si batte "run" e si osserva lo spettro... quando le componenti a bassa frequenza sono stabilizzate..... si batte "stop".

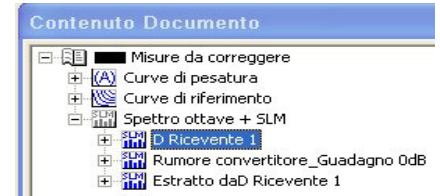
A questo punto trasferendo la misura sul software di visualizzazione ed elaborazione delle misure troverete qualcosa di simile:



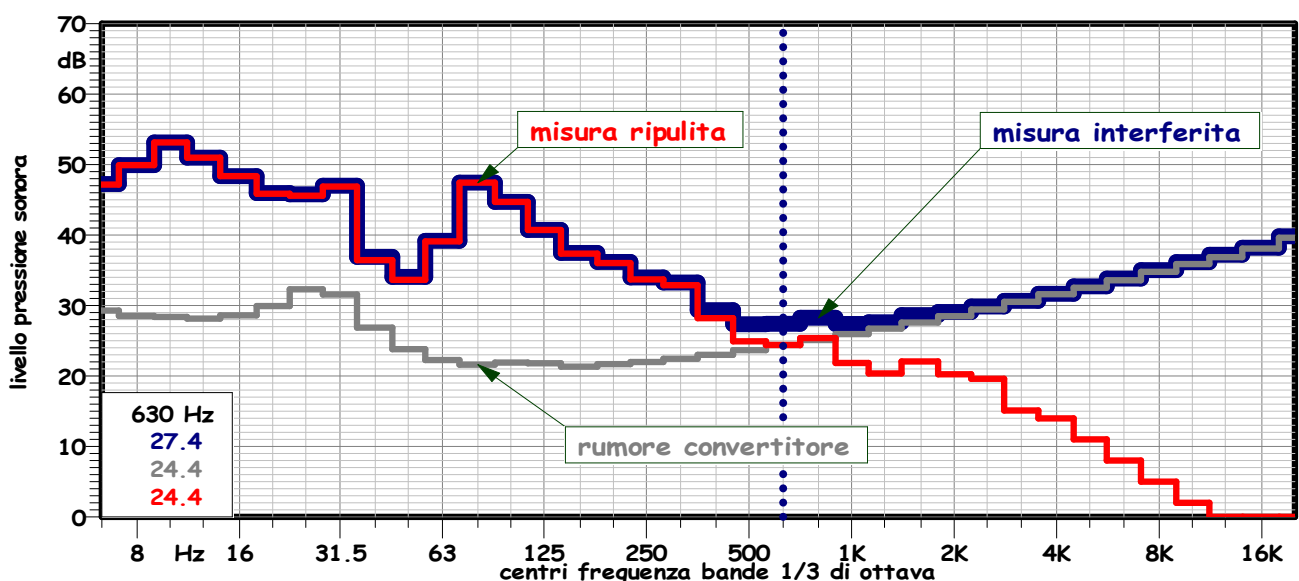
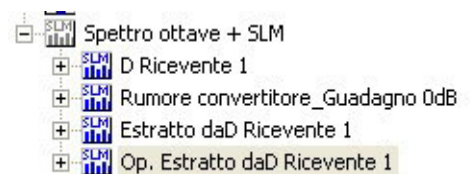
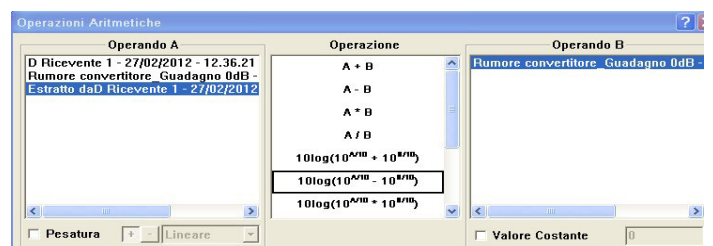
La descrizione dell'asse "Y": "livello pressione sonora apparente" vuol dire che stiamo leggendo qualcosa che sembra misura di livello della pressione sonora ma in realtà è solo rumore elettrico del convertitore. E' un artefatto totale da 6,3 Hz a 20 kHz, ma è quello che ci occorre per correggere misure fatte senza prima aver consultato il manuale del fonometro, manuale che ci indicherà sempre i limiti fra le varie posizioni possibili dei guadagni.

**4.- Correggere la misura interferita dal rumore del convertitore A/D.** - Una volta che abbiamo misurato il rumore del convertitore per quella specifica portata di misura, per quel specifico fonometro e microfono, possiamo semplicemente sottrarre dalla misura "rumore acustico + rumore del convertitore (qui, L<sub>max</sub>)", la misura del solo "rumore del convertitore (qui, L<sub>min</sub>)", con il solito algoritmo:  $L_{diff} = 10 \log_{10} [(10^{0,1 * L_{max}}) - (10^{0,1 * L_{min}})]$ ; la cosa va fatta ovviamente su tutte le bande di terzo di ottava. Se disponete del software Noise & Vibration Work la cosa è semplicissima, si proceda con i seguenti passi:

1.- Se partite da una misura multispettro (storia di spettri) occorre ridurre il file di misura sul quale volete operare matematicamente ad uno solo spettro. Per fare questo richiamate la misura nel suo modello grafico ed evidenziatela; fatto questo seguire il percorso: Elaborazioni > Misure > Estrae spettro. Sulla finestra di dialogo "Estrae spettro" selezionare "Valore: **Spectrum (Calc. Leq)**" e battere "OK". Sulla finestra "Contenuto documento" apparirà il nuovo file rinominato: "Estratto daNome della misura". Questo file consiste in un'unica figura spettrale. Questa operazione va fatta su entrambi gli spettri.



2.- Per sottrarre lo spettro massimo da quello minimo si procede con il seguente percorso: Elaborazioni > Operazione > Operazioni aritmetiche; sulla finestra di dialogo "Operazione aritmetiche" selezionare come "OperandoA" la misura da correggere, come "OperandoB" la misura del rumore del convertitore, come "Operazione" si seleziona :  $10\log(10^{A/10} - 10^{B/10})$  e si batte "Calcola e Chiudi". Sulla finestra "Contenuto documento" apparirà la nuova misura che è la sottrazione degli antilogaritmi delle due misure, nominata "Op. Estratto daNome della misura". Si può rinominarla dandole un nome più conveniente. Vediamo ora la resa grafica della operazione.



In blu la misura con artefatto da rumore A/D, in grigio lo spettro del rumore A/D, in rosso quello che avremmo misurato se il fonometro fosse stato impostato correttamente.

Note.-

<sup>i</sup> Ad esempio lo ADP090 Larson Davis.



Si usa togliendo il microfono e avvitando l'adattatore al suo posto. A destra lo si vede con il "tappo" capacitivo scollegato, e si può usare per mandare al fonometro un segnale registrato usando un comune connettore BNC. A sinistra lo si vede con il cortocircuito capacitivo innestato, da usarsi per misurare il rumore elettrico del fonometro.