

REALIZZAZIONE DI UNA SORGENTE OMNIDIREZIONALE DODECAEDRICA LOW-COST

Marco Musolla (1), Stefano Maset (2)

- 1) Libero professionista, Pordenone
- 2) Libero professionista Eprogetti, S.Vito al Tagliamento (PN).

1. Premessa

Questo lavoro è stato pensato non per contrastare i produttori di strumentazione acustica, ma per prendere coscienza della strumentazione che usiamo, delle sue caratteristiche e della possibilità di realizzarla in economia. La scelta di affrontare la realizzazione di una sorgente omnidirezionale è stata fatta a seguito della necessità di avere a disposizione una attrezzatura più flessibile e leggera da affiancare a quella che normalmente viene utilizzata dal nostro studio. La visione dell'esperimento "The SLOrk Speaker" realizzato presso la Stanford University [1] ci ha permesso di constatare che la nostra idea iniziale era realizzabile ad un costo estremamente contenuto, mantenendo le caratteristiche necessarie all'utilizzo in campo professionale.

Grazie al ridotto peso e agli ingombri limitati, il sistema deve prestarsi particolarmente a misurazioni nel campo dell'acustica edilizia, ma anche alla caratterizzazione e bonifica acustica di tutti gli ambienti chiusi, attività nella quale abitualmente operiamo.

2. La sorgente

Il sistema di diffusione omnidirezionale è un apparato per la generazione di segnali audio appositamente studiato per tutte quelle situazioni in cui si ha la necessità di saturare un ambiente con una densità di energia sonora uniforme, quali la misurazione di parametri di isolamento acustico, la determinazione del tempo di riverberazione e l'acustica architettonica in conformità alle norme della serie ISO 140 e ISO 717.

Il dispositivo è composto da un diffusore omnidirezionale dodecaedrico e da un sistema contenente un generatore, il sistema di controllo remoto e l'amplificatore.

L'apparato è in grado di funzionare sia utilizzando i generatori di rumore rosa e bianco integrati nel sistema, che segnali qualsiasi provenienti dall'ingresso ausiliario.

Inoltre è disponibile sia l'alimentazione del sistema a rete che con una batteria tampone.

Per le misurazioni in campo edile o per la caratterizzazione di un determinato ambiente è necessario disporre di una sorgente in grado di saturare acusticamente l'ambiente così da consentire un tempo di riverberazione (T_{60}). Questo deve consentire di innalzare di 60 dB il livello di pressione sonora al fine di evitare di estrapolare il T_{60} raddoppiando il tempo di decadimento del segnale di pressione sonora di 30 dB (T_{30}), e di rendere il campo diretto il più circoscritto possibile. Questo significa che la radiazione diretta non deve essere dominante rispetto a quella proveniente dalle riflessioni dell'ambiente. Per poter garantire questo effetto è necessario che la sorgente non abbia direzioni preferenziali di emissione del suono.

2.1 Le norme tecniche di riferimento

Il punto di partenza per la realizzazione della sorgente omni-direzionale deve essere necessariamente la normativa di riferimento per le misure di acustica edilizia (UNI EN ISO 140-4) [2].

La condizione di omnidirezionalità richiamata dalla norma tecnica è facilmente verificabile sul campo: l'apparecchiatura di misurazione dovrà fornire un livello pressoché costante per acquisizioni in punti diversi, ovvero il microfono dovrà trovarsi al di fuori della zona caratterizzata dal campo diretto (6 dB per ogni raddoppio della distanza).

In tal senso la norma propone di utilizzare sorgenti irradianti in fase racchiuse in un'unica cassa (cabinet). È addirittura suggerita la forma poliedrica da adottare: il dodecaedro. Questo perché, secondo la norma citata, è assicurata una buona approssimazione di radiazione omnidirezionale dell'energia sonora. Naturalmente nulla vieta di prendere in analisi delle forme che più si avvicinino alla forma sferica come poliedri più complessi.

Per verificare la direttività della sorgente la norma UNI EN ISO 140-4 suggerisce di misurare il livello di pressione sonora secondo le seguenti modalità:

- campo acustico libero;
- misura della pressione sonora ad una distanza di misura 1,5 m;
- segnale di test: rumore (bianco o rosa);
- modalità di acquisizione in terzi di ottava (ISO 140) o in ottava (ISO 3382).

Si ottengono i valori degli indici di direttività facendo la differenza tra il livello energetico medio per l'arco di 360° (L_{360}) e i valori medi ottenuti perlustrando dolcemente tutti gli archi di 30° ($L_{30,i}$). Gli indici di direttività saranno: $DI_i = L_{360} - L_{30,i}$

Per la Norma UNI EN ISO 140-4, si può considerare la radiazione omnidirezionale se i valori di DI sono compresi entro i limiti di ± 2 dB nell'intervallo di frequenze da 100Hz a 630Hz. Nell'intervallo di frequenze da 630Hz a 1000Hz i limiti aumentano linearmente da ± 2 dB a ± 8 dB mentre da 1000Hz a 5000Hz assumono valori di ± 8 dB.

Per la UNI EN ISO 3382 [3], si può invece considerare la radiazione omnidirezionale se i valori di DI sono compresi entro i limiti di ± 1 dB nell'intervallo di frequenze da 125Hz a 500Hz. Nell'intervallo di frequenze fra 1000Hz e 2000Hz i limiti aumentano linearmente da ± 1 dB a ± 5 dB, mentre per i 4000Hz si assumono valori di ± 6 dB. In figura 1 è rappresentata la maschera di tolleranza per tali standard.

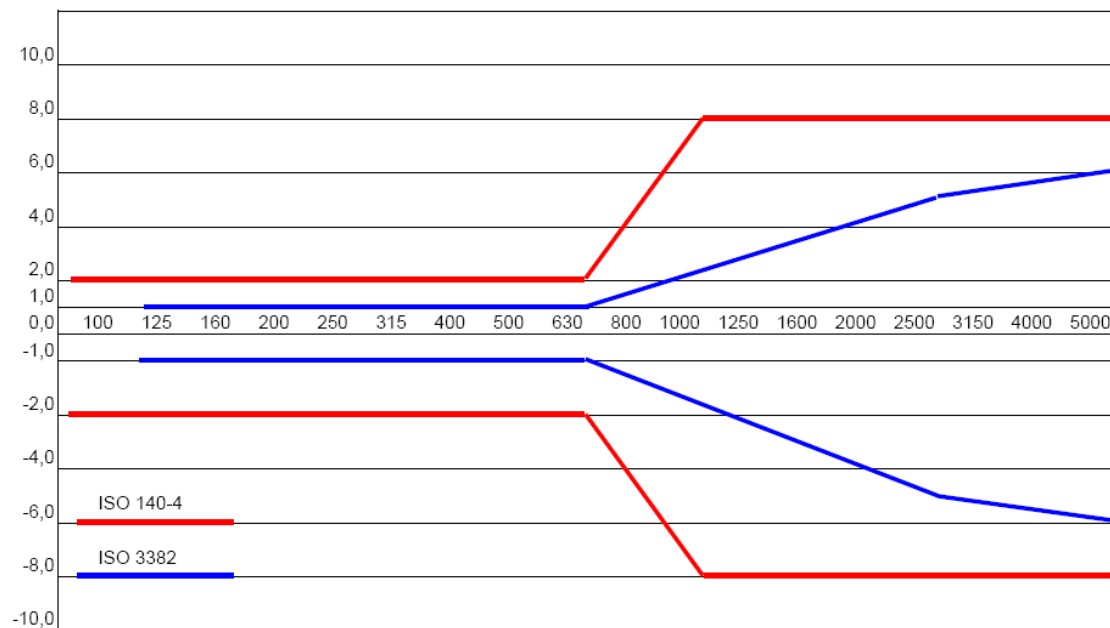


Figura 1 - Limiti entro i quali una sorgente è ritenuta omnidirezionale secondo la ISO 140

2.2 Modalità realizzativa

Per prima cosa abbiamo verificato quali fossero sul mercato i prodotti che potevano soddisfare maggiormente le esigenze tecniche con un rapporto qualità prezzo idoneo allo scopo e di facile reperibilità. La scelta è caduta sugli altoparlanti prodotti dalla ditta CIARE nel modello CX 102, 2 vie coassiali, membrana woofer in cellulosa smorzata, tweeter in neodimio, alette di fissaggio. Questo prodotto ha una potenza nominale di 40 W e una potenza massima di 100, con un'impedenza nominale di 4Ω e un diametro di 100 mm.



Figura 2 – Immagine del cabinet completo di altoparlanti e supporto

Il cabinet che è andato a contenere gli altoparlanti è stato costruito tramite l'aggancio di 2 ciotole di legno modello BLANDA MATT acquistate all'IKEA, opportunamente fissate tramite una fascetta di alluminio con delle viti autofilettanti. Alla ciotola sono stati praticati i 12 fori per l'inserimento delle casse tramite una lama a tazza del diametro di 90 mm. Per sostenere il dodecaedro è stato praticato un foro nella struttura e inserito un tubo in pvc della dimensione leggermente più grande, così da poter inserire successivamente l'asta di un treppiede.

In fase di assemblaggio si è completato il diffusore riempiendolo con lana di roccia a bassa densità che ha il compito di aumentare in volume fittizio del diffusore e di correggere la risposta alle basse frequenze.

Essendo il sistema a sospensione pneumatica, è stato molto importante sigillare tutte le aperture e le giunzioni tra i vari elementi meccanici del diffusore.

Gli altoparlanti sono stati collegati tra di loro in serie e parallelo seguendo lo schema riportato in figura 3.

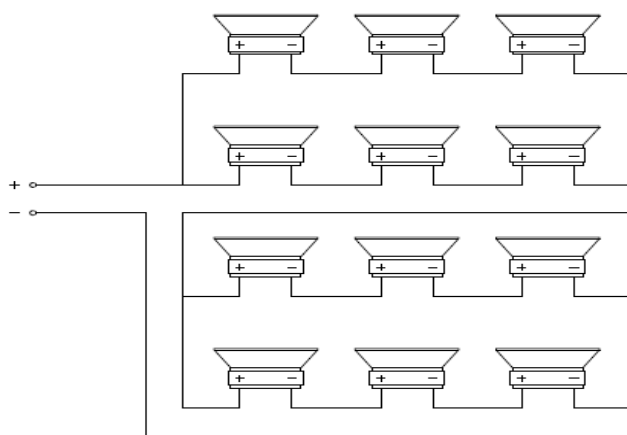


Figura 3 – Schema di collegamento degli altoparlanti

Per far giungere al dodecaedro il segnale da riprodurre si è utilizzato un connettore multipolare di adeguata sezione (quello utilizzato è di tipo Canon) a 4 poli, si è optato per un connettore quadri polare anziché bipolare in quanto tale connettore può permettere l'alimentazione del sistema sia con un sistema di amplificazione monocanale che da un sistema bi-canale a seconda delle disponibilità e delle necessità.

La sorgente sonora da collegare alla cassa dodecaedrica è invece risultata dall'assemblaggio di diverse componenti attualmente presenti sul mercato. La scelta è stata fatta seguendo sempre il criterio della qualità del segnale emesso comparandola con il prezzo. Il prodotto inoltre doveva soddisfare la necessità di essere alimentato sia a batteria, così da renderlo pratico e funzionale nelle misure in acustica edilizia, sia tramite rete elettrica per misurazioni più lunghe, nonché essere dotato di telecomando per l'accensione e lo spegnimento della sorgente, per la selezione della fonte sonora e per la regolazione del volume.

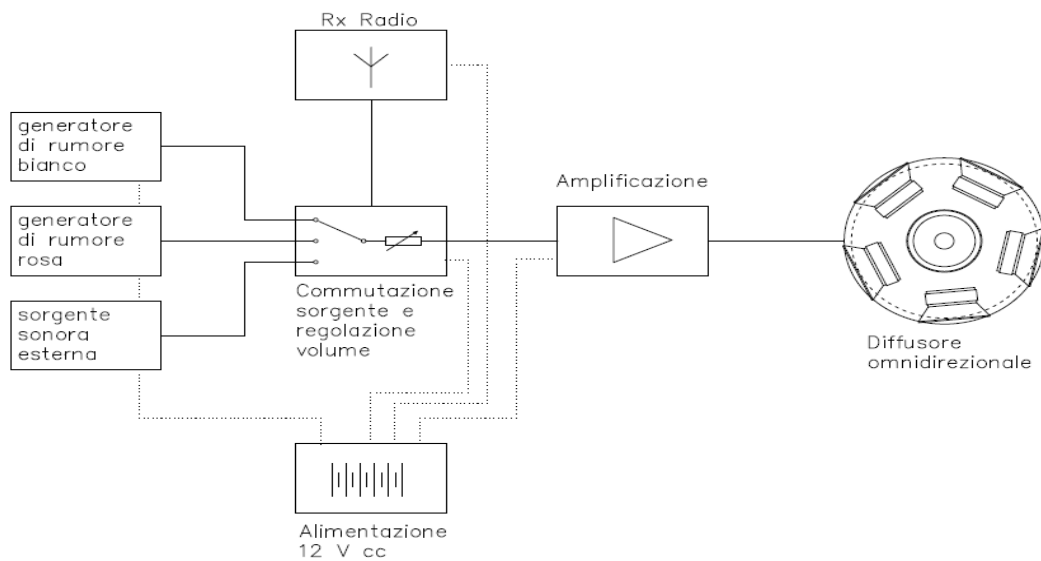


Figura 4 – Schema a blocchi indicante la sorgente realizzata

La ricerca ha portato alla scelta delle sorgenti sonore di rumore bianco e rosa K4301 distribuite dalla Futura Elettronica, sull'amplificazione di derivazione car-audio classe D 1x380w W bridged Pioneer GM-5400T, da una alimentazione portata al sistema da un accumulatore FIAMM 12V 7,2Ah con sistema di carica e alimentazione da rete.

Il tutto contenuto all'interno di una scatola trasparente in plastica modello SAMLA dell'Ikea delle dimensioni di 39x28 altezza 14 sulla quale sono state realizzate delle aperture per consentire una maggiore areazione.

3. Verifica del risultato

Completata la realizzazione della sorgente omni-direzionale abbiamo provveduto a verificare la sua conformità a quanto indicato dalle norme di riferimento per le misure di acustica edilizia (UNI EN ISO 140-4) e per la determinazione del tempo di riverberazione (UNI EN ISO 3382).

Per prima cosa si è verificato il livello di potenza sonora della sorgente, costruendo un cubo virtuale della dimensione di 1m^3 così da verificare che i livelli tra le varie frequenze interessate siano possibilmente omogenei. Successivamente si è verificata la caratteristica di direttività. In campo libero è stata posizionata la sorgente e fatta produrre un rumore bianco. Per la verifica della potenza sono state reperite le 9 misure per la determinazione del livello previste dalla norma UNI EN ISO 3746 [4], mentre per la direttività sono stati determinati i punti di misura considerando una distanza dalla sorgente di 1,5 metri, con una cadenza di 30° così da misurare il livello medio energetico per l'arco di 360° (L_{360}) e tutti i valori medi degli archi di 30° ($L_{30,i}$) come indicato in precedenza. Si è provveduto a determinare i valori DI_i per entrambe le normative.

Per determinare tali valori è stata utilizzata la strumentazione che abitualmente utilizziamo durante l'attività professionale e cioè il fonometro Larson & Davis LD824 con calibratore Castle GA601. I risultati sono riportati nelle figure n° 5, 6 e 7.

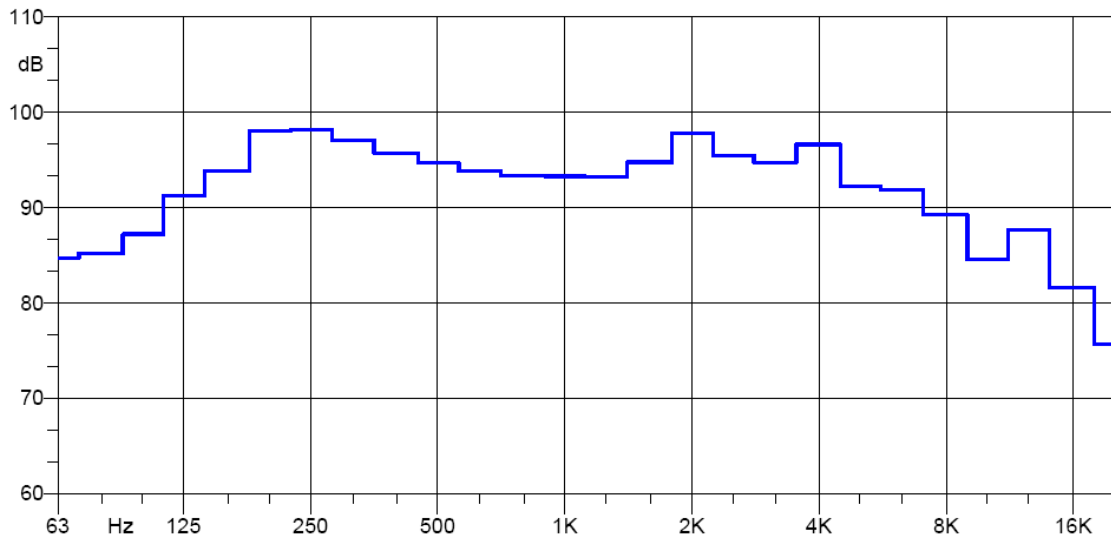


Figura 5 – Grafico livello di potenza misurato secondo le modalità previste dalla norma tecnica UNI EN ISO 3746

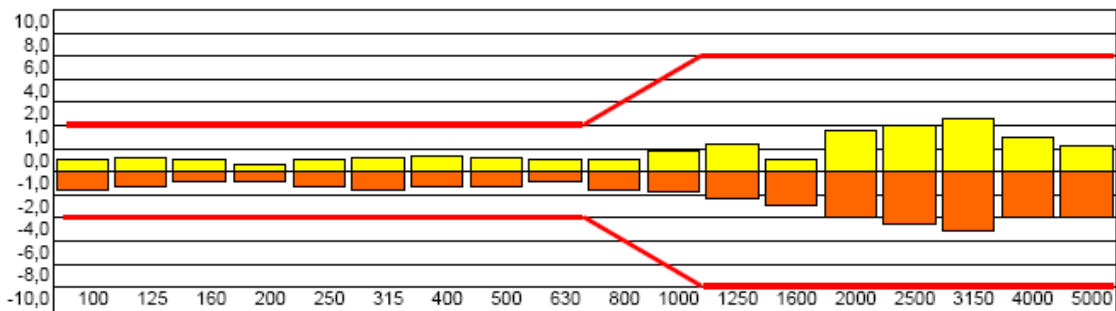


Figura 6 – Confronto dell'indice di direttività con i valori limite previsti dalla norma tecnica UNI EN ISO 140-4

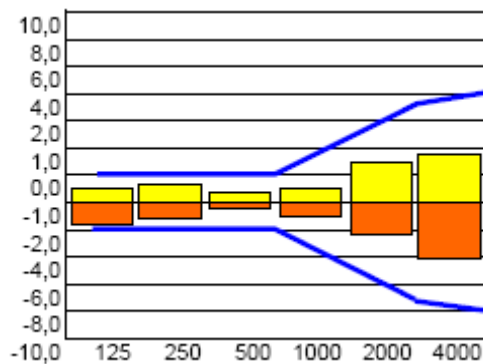


Figura 7 – Confronto dell'indice di direttività con i valori limite previsti dalla norma tecnica UNI EN ISO 3382

4. Costo di realizzazione

La sintesi delle spese sostenute per questo strumento è riportata nella tabella 2. Ovviamente non sono state quantificate le ore dedicate alla realizzazione dello strumento che sono state considerate uno svago.

Tabella 2 – Conti sostenuti per la realizzazione della sorgente dodecaedrica

Prodotto	Prezzo IVA inclusa
N° 2 ciotole modello BLANDA MATT da 28 cm	€ 40,00
N° 12 casse acustiche Ciare mod. CX 102	€ 250,00
N° 1 connettore m/f 4P	€ 10,00
N° 1 trepiede Proel mod. Free300	€ 25,00
N° 1 contenitore SAMLA 39x28x14	€ 2,00
N° 1 accumulatore FIAMM 12V 7,2Ah	€ 25,00
N° 2 generatori di rumore K4301	€ 24,00
N° 1 amplificatore	€ 167,00
N° 1 alimentatore a rete	€ 30,00
N° 1 telecomando e ricevitore a 4 canali	€ 70,00
Minuteria varia	€ 30,00
Totale	€ 673,00

5. Conclusioni

Il principio ispiratore del progetto è stato sicuramente quello di realizzare un prodotto utile a effettuare delle misure in opera ad un costo estremamente contenuto.

I prodotti disponibili sul mercato offrono delle prestazioni migliori soprattutto dal punto di vista della resistenza agli urti e della direttività.

Il nostro strumento però si è reso assolutamente equiparabile dal punto di vista della attendibilità del risultato e della correttezza delle misure.

6. Bibliografia

- [1] <http://slork.stanford.edu/>
- [2] UNI EN ISO 140-4:2000, *Acustica – Misurazione dell’isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio*
- [3] UNI EN ISO 3382:2001, *Acustica – Misurazione del tempo di riverberazione di ambienti con riferimento ad altri parametri acustici*
- [4] UNI EN ISO 3746:1997, *Acustica – Determinazione dei livelli di potenza Sonora delle sorgenti di rumore mediante pressione sonora*