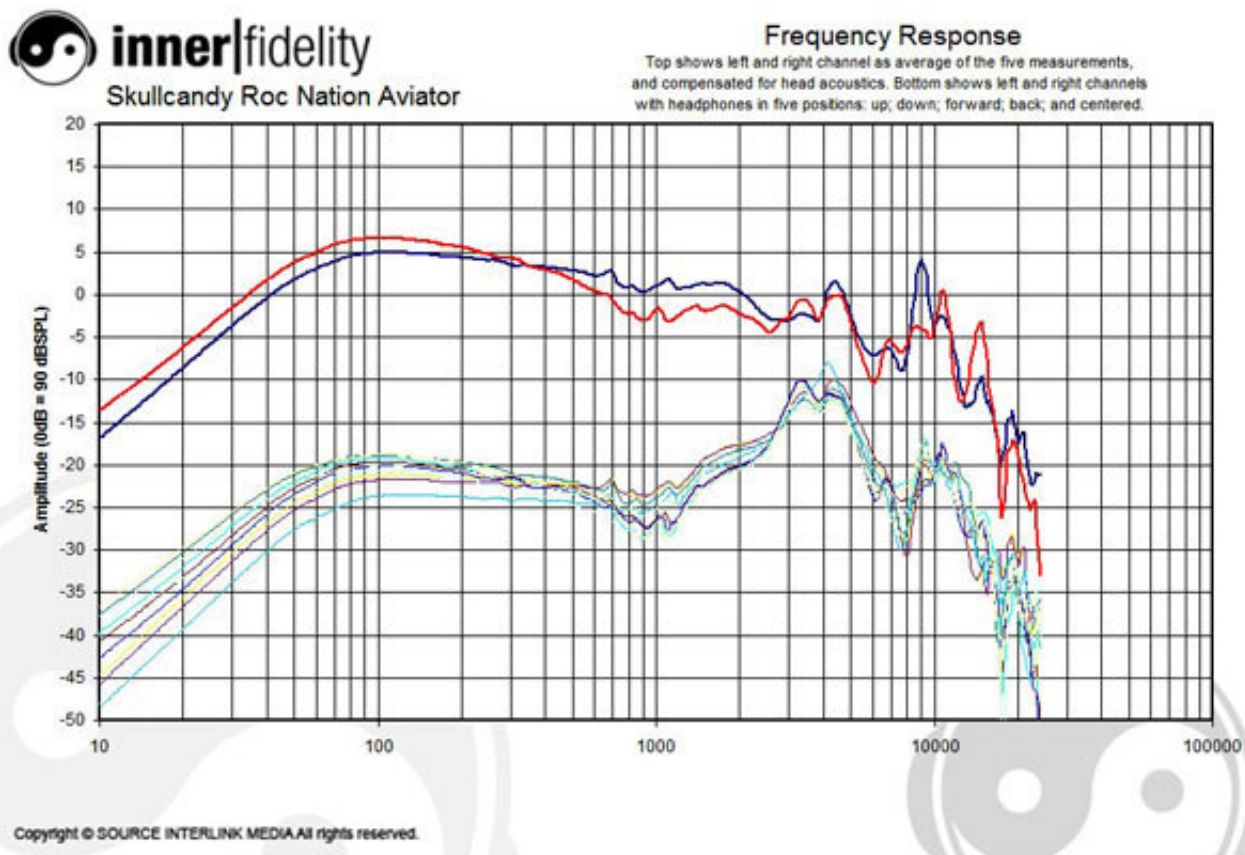


## Misura della risposta in frequenza

[Tyll Hertsens](#)

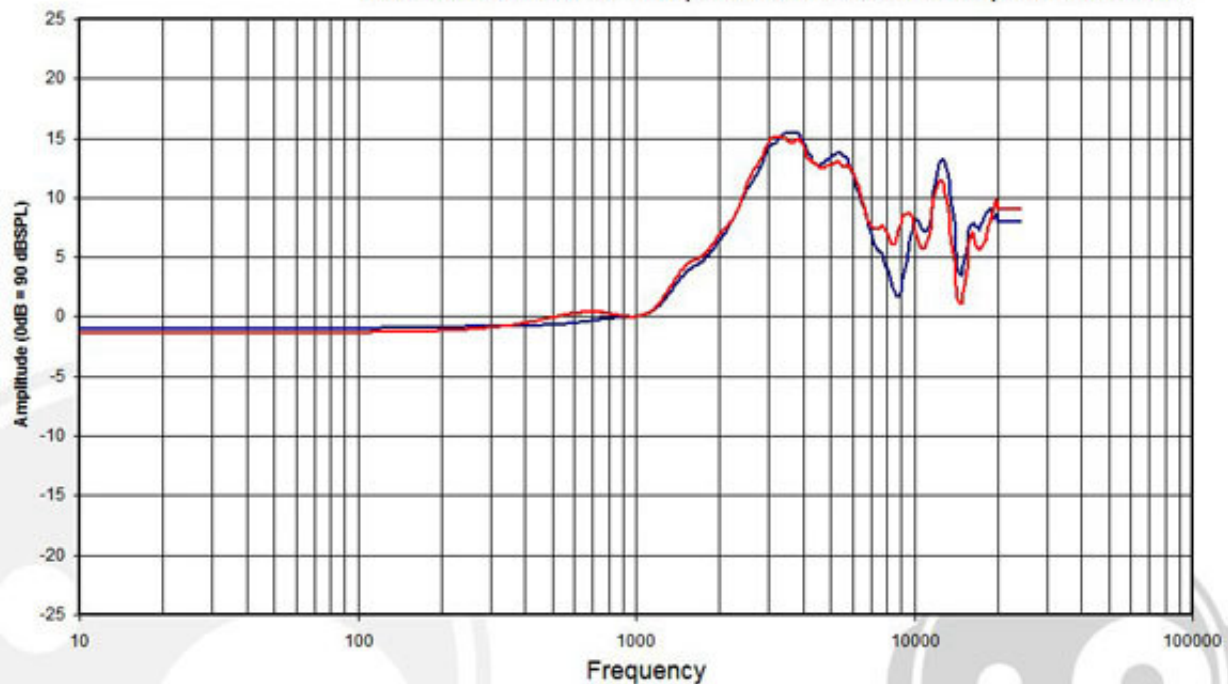


### Misurare la Risposta in frequenza

Potrei scrivere un libro su cosa significhi una misurazione della risposta in frequenza delle cuffie... ma per il momento parleremo principalmente di come è fatta la misurazione, con solo alcune basi per aiutarci a seguire.

L'acustica delle cuffie è significativamente diversa dall'acustica della stanza perché si utilizza un accoppiatore acustico anziché propagare il suono attraverso lo spazio libero (tecnicamente chiamato "campo libero" nella terminologia audio e definito come spazio tridimensionale dove non ci sono superfici riflettenti). Quando misuri gli altoparlanti, misuri il suono nel campo libero con un microfono di riferimento e presumi che se la risposta in frequenza è piatta, lo sentirai piatto se metti la testa dove era il microfono (che è vero). Ma con le cuffie, non esiste un campo libero in cui misurare il suono. A causa delle riflessioni e delle oscillazioni modali all'interno del volume racchiuso tra le cuffie e l'orecchio, il suono in un punto particolare all'interno di quello spazio potrebbe essere diverso rispetto al suono in un altro punto. Di conseguenza, l'unico posto legittimo per misurare il suono dalle cuffie è all'orecchio.

Questo è un problema perché se il suono è piatto nel campo libero e ci infili dentro la testa, il suono non è più piatto prima che colpisca il tuo timpano. Questa differenza tra il suono piatto nel campo libero e l'EQ del suono che si sente sul timpano quando si infila la testa nel suono nel campo libero, viene chiamata HRTF Head Related Transfer Function (la funzione di trasferimento relativo alla testa).



Copyright © SOURCE INTERLINK MEDIA All rights reserved.

La figura 1 mostra la funzione indipendente di trasferimento della testa della testa del simulatore di acustica di testa Head Acoustics HMSII.3.

Molteplici elementi entrano in gioco che influenzano l'EQ del suono che raggiunge il timpano:

- Il volume del torace e della testa fornisce un guadagno acustico a frequenze medie.
- Tra 2000 Hz e 5000 Hz il conca (la coppetta nell'orecchio esterno attorno all'ingresso del condotto uditivo) funge da piatto di messa a fuoco per ottenere il suono nei canali uditivi e, di conseguenza, fornisce un significativo guadagno al segnale a queste frequenze.
- La lunghezza del condotto uditivo offre opportunità di artefatti modali; tipicamente picchi a 3kHz, 9kHz e 15kHz approssimativamente, a seconda delle dimensioni e della forma dell'orecchio.

**Un suono con spettro “piatto” in campo libero non è “piatto” quando arriva al timpano.**

L'altro problema è che l'accoppiatore auricolare (della cuffia) ha dimensioni interne che consentono la visualizzazione di artefatti modali. Sono come i modi della stanza che cerchi di attenuare con i trattamenti acustici nella tua stanza d'ascolto, ma si verificano a frequenze molto più elevate a causa delle ridotte dimensioni della camera. Questi artefatti si muoveranno mentre le dimensioni e la forma del volume racchiuso cambiano con la posizione delle cuffie sull'orecchio. Pertanto è importante misurare attentamente le cuffie in una serie di posizioni diverse per ottenere una vera idea dell'energia acustica emessa dai driver. Questo è chiamato calcolo spaziale.

**Le cuffie devono essere misurate in più posizioni per riflettere in modo più accurato l'energia acustica nel sistema.**

Ora che conosciamo questi due fatti (che c'è un HRTF da compensare, e le cuffie devono essere misurate in più posizioni) possiamo arrivare al processo di misurazione della risposta in frequenza delle cuffie.

### **Posizionamento delle cuffie**

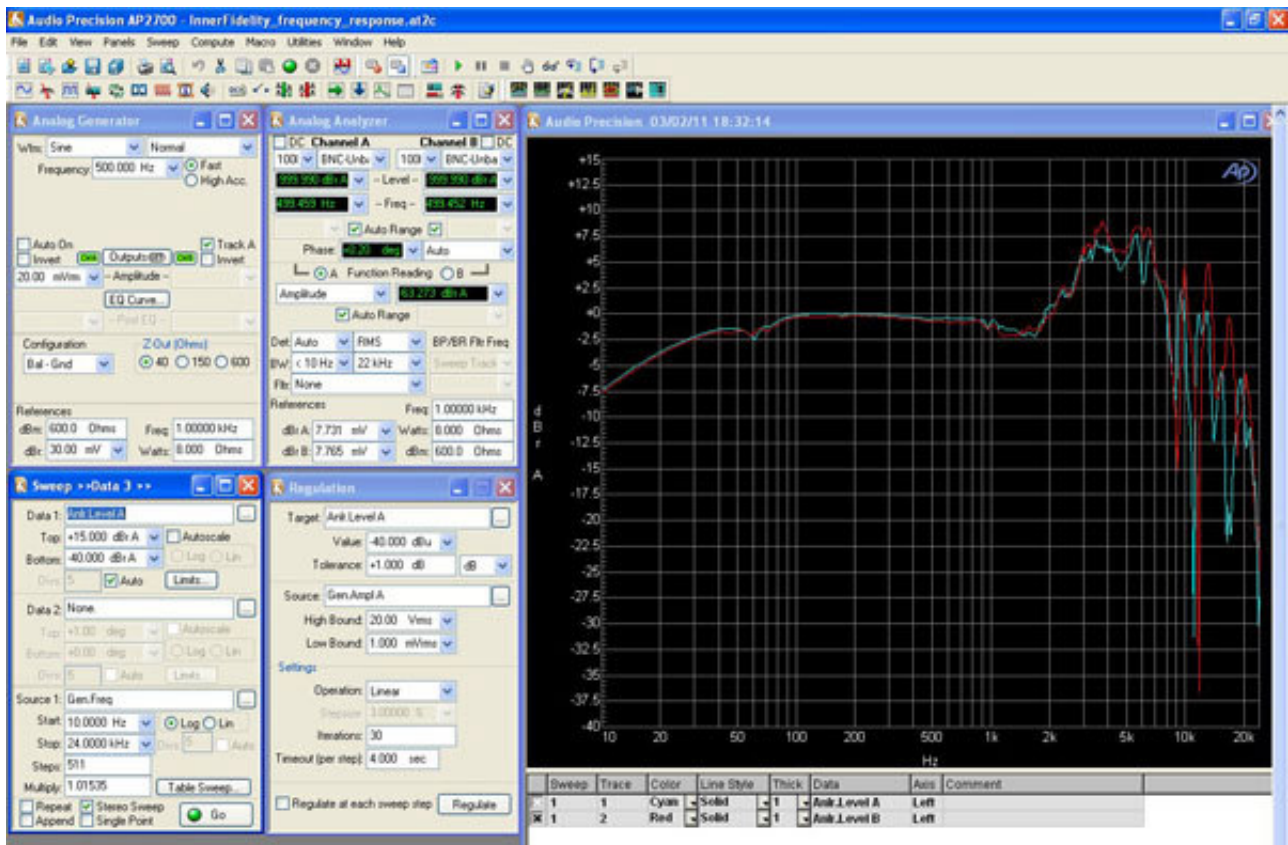
Il posizionamento approssimativo delle cuffie è fatto a occhio; le orecchie sulla testa hanno segni di indicizzazione attorno al bordo dell'inserito in gomma che mi permettono di vedere visivamente se la cuffia è approssimativamente centrata sull'orecchio. Quindi, usando un'onda quadra a 30 Hz che suona attraverso le cuffie, controllo il segnale dalla testa sull'oscilloscopio per posizionare più finemente le lattine (gli auricolari) sulla testa fittizia.



Osservando attentamente il segnale, posso dire se le cuffie stanno sigillando correttamente, e posso dire come la qualità del segnale cambia con la posizione. Una volta accertato che le cuffie sono posizionate in modo ottimale, le sposto leggermente in avanti per la prima delle cinque misurazioni. L'entità dello spostamento in avanti (e più indietro, in basso e centrato) è piccola e dipende in qualche modo dalla cuffia. Alcune cuffie hanno grandi auricolari e potrei spostare le cuffie di cinque millimetri in ogni direzione lontano dal centro. Alcune cuffie on-ear sono così sensibili al movimento a causa della difficoltà di ottenere un sigillo che posso spostarle solo un millimetro o due prima che la guarnizione si rompa. Fondamentalmente, cerco di spostare le cuffie all'interno della gamma che l'utente medio competente avrebbe sperimentato nel mondo reale, e in un intervallo dove la cuffia sembra offrire buone prestazioni.

### **Raccolta dei dati**

Una volta che la cuffia è in posizione, chiudo la camera e premo il pulsante per avviare la scansione della risposta in frequenza. Viene riprodotto un tono di prova a 500 Hz e il sistema regola il tono a 90 dB SPL sul timpano della testa artificiale. Questo imposta l'ampiezza del generatore di segnale per il test. Uso SPL = 90 dB perché considero un livello di ascolto elevato che le cuffie dovrebbero essere in grado di raggiungere comodamente. La specifica IEC specifica 94 dB, ma ritengo che questo livello porti eccessivo stress alle cuffie e comporterebbe misurazioni che non riflettono il suono percepito dalla maggior parte degli utenti. Poiché lo scopo del database che sto costruendo è quello di fornire agli utenti informazioni caratteristiche sul suono delle cuffie durante l'ascolto normale, penso che questo sia un livello legittimo. Durante i test di distorsione armonica totale, tuttavia, misuro sia a livello di 90dB che a livello di 100dB. Se si dovesse ascoltare musica a una media di 90 dB, i picchi nei materiali potrebbero facilmente raggiungere 100 dB. Pertanto, penso che sia importante vedere quali distorsioni si incontrano a un livello un po' più alto di quello specificato da IEC a 94 dB.



Screenshot della configurazione del pannello Audio Precision durante le misurazioni della risposta in frequenza.

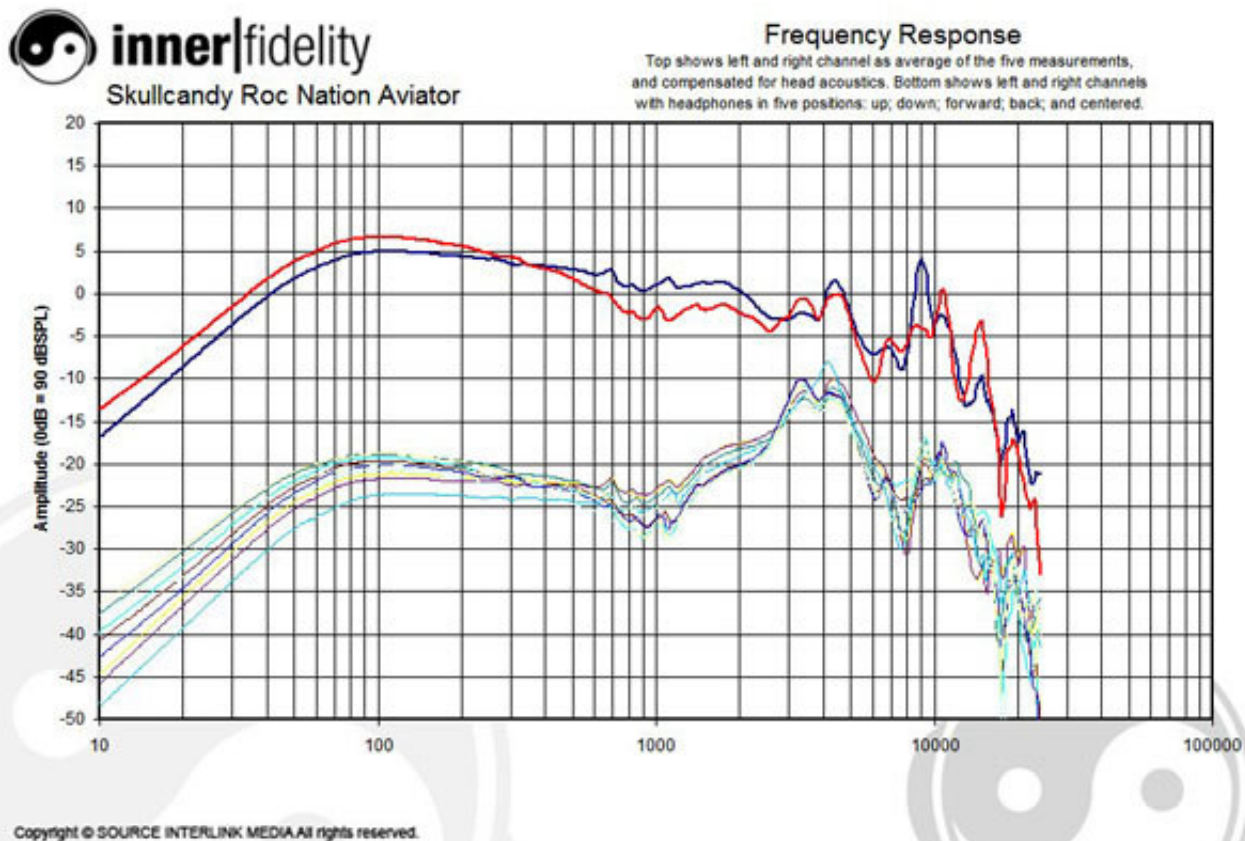
Una volta impostato il livello di riferimento, il generatore è impostato per passare da 10Hz a 22kHz in 511 passaggi logaritmicamente identici. L'analizzatore AP misura l'ampiezza ad ogni passaggio e lo traccia come la risposta in frequenza grezza per quella posizione delle cuffie. Quindi emette un segnale acustico per informarmi che devo spostare le cuffie nella posizione successiva. Ripeto il processo posizionando le cuffie per un totale di cinque volte (avanti, indietro, su, giù, centrato) e il sistema stampa tutti i dati in un foglio di calcolo.

Una volta nel foglio di calcolo, i dati per tutte e cinque le misurazioni per ciascun canale (sinistra e destra) vengono sommati e divisi per cinque. Ciò fornisce la media spaziale necessaria per ridurre gli artefatti modali e ottenere un'idea più precisa della quantità di energia acustica disponibile per essere accoppiata nell'orecchio.

Una volta creato un set di dati con media spaziale per la risposta in frequenza grezza, viene sottratta la curva HRTF. Questo è il passo che compensa le differenze di EQ tra il suono nel campo libero e il suono udito al timpano. La natura esatta di questa curva EQ è piuttosto complicata, come ho detto sopra, e ci sono tre curve HRTF che vengono fornite, con le curve di calibrazione, con la testa artificiale:

<b>Campo libero</b>	L'HRTF quando un suono viene emesso da una fonte direttamente davanti alla testa in un ambiente anecoico.
<b>Campo Diffuso</b>	L'HRTF quando il suono arriva in testa da tutte le direzioni contemporaneamente
<b>Indipendente dalla direzione</b>	Un HRTF piuttosto recente per misurare i suoni del mondo reale in situazioni meno astratte e condizionate rispetto ai due casi precedenti.

Preferirei avere una curva di calibrazione HRTF per le condizioni speciali di due altoparlanti posizionati a 30 gradi fuori asse in quanto è quello che le cuffie stanno cercando di simulare, ma non esiste una calibrazione di questo tipo. Dopo una lunga discussione con gli ingegneri delle applicazioni di Head Acoustics, la HRTF indipendente dalla direzione è stata scelta come la più adatta ai miei scopi. Alla fine, non importa troppo perché nessuna HRTF è perfetta, e poiché tutte le cuffie hanno la stessa HRTF applicata, le misurazioni sono legittime a fini comparativi. È importante ricordare, tuttavia, che anche se esistesse la cuffia perfetta, la sua risposta in frequenza misurata non sarebbe piatta a causa di queste complessità.



Un set finito di curve di risposta in frequenza.

Nei grafici di risposta in frequenza del prodotto finale qui a InnerFidelity, si vedono le dieci misurazioni della risposta in frequenza grezza (cinque a sinistra e cinque a destra) nella parte inferiore del grafico. La risposta in frequenza con compensazione spaziale media e HRTF per le cuffie si trova nella parte superiore della tabella.

Quanto è vicino questo alla verità? Bene ... era la verità quel giorno, con quella testa, con quelle orecchie, in quelle posizioni. Ti sembrerà così? No ... ma piuttosto vicino ... il più vicino possibile quando si tratta di misurazioni oggettive comunque --- questa è una marcia abbastanza buona. Ecco la cosa importante: vengono prese in considerazione molte variabili e le misurazioni che prendo oggi e l'anno prossimo saranno utili e confronti validi. Il database diventerà piuttosto grande nel tempo. Nel produrre un database di misurazioni delle cuffie, InnerFidelity ti offrirà una grossa fetta di verità.

Sarà tutto ciò che devi sapere? No, può aiutarti a guidarti un po', ma dovrai comunque indossare le cuffie per sapere come suonano.

Non è carino?

Buon ascolto!