

# Visual Analyser

**I**n questa seconda puntata presentiamo una delle applicazioni del programma Visual Analyser: la misura della risposta in frequenza di un dispositivo audio, con possibilità di analisi off-line, stampa e salvataggio in formato testo.

Visual Analyser è un programma che ha riscosso un notevole successo di pubblico grazie alla diffusione (gratuita) ottenuta tramite Internet; Un considerevole "feedback" da parte di numerosissimi utilizzatori sparsi ovunque nel mondo, ha consentito una messa a punto particolarmente efficace; ed ha permesso di aggiungere continuamente nuove funzioni sulla base di esigenze individuate nell'uso quotidiano da una molteplicità di utenti eterogenei. Inoltre, l'uso su macchine con differenti versioni del sistema operativo e configurazioni hardware, ha permesso di collaudare il programma anche dal punto di vista della compatibilità verso le macchine reali. La disponibilità in laboratorio di strumenti quali il generatore di funzioni, l'oscilloscopio e l'analizzatore di spettro, consente di effettuare una delle misure più classiche e parimenti più utili che si conoscano: la misura della risposta in frequenza di un dispositivo audio (per esempio di un amplificatore). Essa costituisce il nucleo di questo articolo.

La misura della risposta in frequenza è utile per verificare la qualità dei dispositivi audio commerciali, ma anche per verificare le caratteristiche di un amplificatore autocostruito o per verificare l'efficacia di un determinato filtro audio.

Gli usi di laboratorio cui Visual Analyser può essere destinato sono ovviamente infiniti; l'unica limitazione è la banda passante della scheda audio impiegata. Essa normalmente è compresa tra 20 Hz ed un massimo di 96 kHz, corrispondenti a 192 kHz di frequenza di campionamento.

Varie aziende, per lo operanti in ambito musicale (studi di registrazione, piccoli produttori di dispositivi audio e aziende che si occupano di formazione) hanno praticamente adottato Visual Analyser come strumento di base, e nei loro siti è possibile trovare una precisa indicazione delle misure che con esso hanno effettuato. Per verificare quanto detto sarà sufficiente effettuare una ricerca (per es. con google) fornendo il nome del programma o dell'autore. In questo articolo useremo un vecchio equalizzatore grafico, perché meglio si presta a dimostrare le potenzialità di Visual Analyser (essendo un equalizzatore fondamentalmente composto da un amplificatore audio e da un certo numero di filtri), ma tutte le indicazioni date nel seguito sono parimenti applicabili per rilevare separatamente la risposta di un amplificatore o di un filtro audio.

## LA MISURA DELLA RISPOSTA IN FREQUENZA

Generalmente la risposta in frequenza di un dispositivo elettronico (ma è un concetto che ha senso anche per altre realtà fisiche) tende ad identificarsi con il diagramma delle ampiezze dello spettro del segnale in uscita. In altre parole, descrive il comportamento del dispositivo al variare della frequenza del segnale in ingresso; in taluni casi esso è desiderato completamente "piatto", ossia si cerca di ottenere che esso amplifichi allo stesso modo tutte le frequenze della banda d'interesse (per esempio un amplificatore audio alta fedeltà) oppure che abbia un comporta-

# La misura della risposta in frequenza di un amplificatore audio



di Alfredo Accattatis

mento marcatamente selettivo (per esempio un filtro passa basso). In taluni casi il dispositivo può avere una risposta in frequenza impostabile tramite determinati controlli (hardware o software), che devono avere una efficacia la cui validità può essere parimenti testata con una misura di risposta in frequenza. Ancora, la misura della risposta in frequenza può essere relativa ad un ambiente, quale per esempio una stanza od una sala per concerti. In questo caso il discorso resta sostanzialmente simile, sebbene con delle variazioni: il segnale in ingresso sarà generato da un altoparlante (segnale d'ingresso) e rilevato da un microfono (segnale d'uscita); ammesso che la risposta propria della catena altoparlante-microfono-amplificatore sia completamente "piatta" o resa tale tramite vari accorgimenti, la risposta rilevata sarà quella relativa all'ambiente.

Esistono generalmente molteplici strategie adottabili per la rilevazione della risposta in frequenza di un dispositivo elettronico; la più classica è quella che prevede l'uso di un generatore di segnale sinusoidale, un oscilloscopio e un mezzo per memorizzare il grafico ottenuto (va bene un semplice pezzo di carta!); oppure, se l'oscilloscopio non è disponibile, è sufficiente anche un voltmetro, purchè dotato della necessaria banda passante. La strategia è semplice: si applica il segnale all'ingresso del dispositivo, e se ne rileva l'ampiezza all'uscita; questo per vari "punti", corrispondenti a diverse frequenze. Per ogni frequenza usata si traccia un punto su di un grafico che ha in ascissa la frequenza ed in ordinata l'ampiezza, generalmente calcolata in dB. Così facendo, ed usando un numero significativo di punti, si ottiene il diagramma delle ampiezze, ossia la voluta risposta in frequenza dell'amplificatore.

Va da se che il segnale in ingresso dovrebbe

essere "piatto", ossia avere la stessa ampiezza per ogni armonica generata. Una versione appena più sofisticata della metodologia descritta, dovrebbe prevedere il calcolo del rapporto tra segnale d'ingresso e d'uscita, in maniera da rendere la misura relativamente indipendente dai difetti propri del generatore di funzioni e dall'amplificatore interno degli strumenti di misura.

Per rendere la procedura più veloce e ricca di punti, è possibile usare un generatore di "sweep" sinusoidale, ossia un dispositivo che generi un segnale sinusoidale che varia con continuità tra due estremi della gamma audio, per esempio tra 20 e 20.000 Hertz. Versioni più professionali (di qualche tempo fa) utilizzavano un generatore di sweep che forniva anche un segnale a dente di sega, utilizzato per sincronizzare direttamente la base dei tempi dell'oscilloscopio con la "spazzolata" in frequenza, e permetteva di ottenere direttamente il disegno della risposta in frequenza sullo schermo dell'oscilloscopio.

In pratica il dente di sega inizia quando lo sweep inizia a generare la sua frequenza più bassa e finisce quando si è raggiunta quella più elevata; per poi ricominciare daccapo. In tal modo, pilotando l'asse X dell'oscilloscopio con il dente di sega, e l'asse Y con le ampiezze d'uscita delle armoniche, si ottiene direttamente a video il grafico della risposta in frequenza.

Un'altra possibile strategia, che è quella che useremo per la nostra prova, prevede l'uso di un segnale a banda larga, detto rumore bianco, caratterizzato dall'aver uno spettro "piatto" nella banda di interesse. Invero il rumore bianco "puro" dovrebbe avere un contenuto spettrale virtualmente infinito, altrimenti si ricade in una delle categorie di rumori "colorati" che hanno ben differenti caratteristiche di distribuzione spettrale (per

esempio il rumore rosa o marrone). Anche se, nella realtà, non esiste un rumore perfettamente bianco, per le inevitabili caratteristiche fisiche del mondo reale. In questa sede considereremo come rumore bianco un segnale che copra uniformemente tutto lo spettro del nostro "universo", che in questo caso è il campo delle frequenze audio, ossia compreso tra i 20 Hz ed i 20.000 Hz. Useremo lo schema pratico di principio indicato nella figura 1; in questo schema si è identificato un arbitrario "generatore di segnale" come generatore del segnale in ingresso (rumore bianco) ma in effetti quello che si può tranquillamente utilizzare (ed è effettivamente utilizzato) è quello interno a Visual Analyser, opportunamente configurato come indicato nel seguito.

Per effettuare la misura, ed avere la massima flessibilità possibile, si è scelto di usare un "equalizzatore grafico", ossia un dispositivo che al suo interno contiene:

- Un amplificatore.
- Un set di filtri.

Avremo così la possibilità di individuare la risposta in frequenza dell'amplificatore, ed in aggiunta verificare l'efficacia dei filtri che consentono di impostare una risposta in frequenza arbitraria; dimostrando la validità della procedura e la capacità di Visual Analyser di effettuare misure in tempo reale. L'equalizzatore grafico è un dispositivo che si introduce nella catena di amplificazione di un segnale audio per poterne variare a piacimento la banda passante complessiva, entro i limiti della qualità del dispositi-

vo usato; esso serve per esempio a correggere la risposta in frequenza tipica di un ambiente (per esempio che assorbe eccessivamente le alte frequenze) o le carenze di un sistema di diffusori (per esempio poco incisivi nei medi), od in generale di un qualsiasi elemento della catena; od anche, semplicemente per assecondare i gusti dell'ascoltatore.

Esso è normalmente composto da un set di filtri, centrati su un certo numero di frequenze standard (sette nel nostro caso) che agiscono su una "sottobanda" di frequenze che si estende grossomodo sino al valore del controllo immediatamente precedente e successivo; e la cui intensità d'intervento è modificabile tramite un semplice potenziometro a scorrimento (a "slide").

Tramite essi è possibile, con continuità, esaltare od attenuare una singola banda di frequenze. Si chiama equalizzatore grafico (anche) perché la curva che si delinea posizionando i singoli potenziometri ("l'involuppo"), segue quella ideale che si dovrebbe ottenere come risposta in frequenza (vedi figura 2). Noi quindi testeremo:

- La risposta in frequenza in posizione "flat", nella quale tutti i controlli sono posizionati nella posizione centrale.
- La risposta in frequenza ottenuta variando uno o più dei controlli; in particolare varieremo l'amplificazione della banda centrata sui 1000 Hz portandola al valore di massima amplificazione (+12 dB) e successivamente al suo valore minimo (-12 dB).

Le bande di frequenza dell'equalizzatore grafico (Sansui SE-510) sono le seguenti (in Hz,

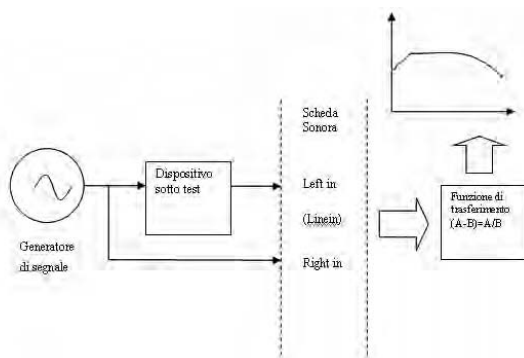


Figura 1 Schema di principio

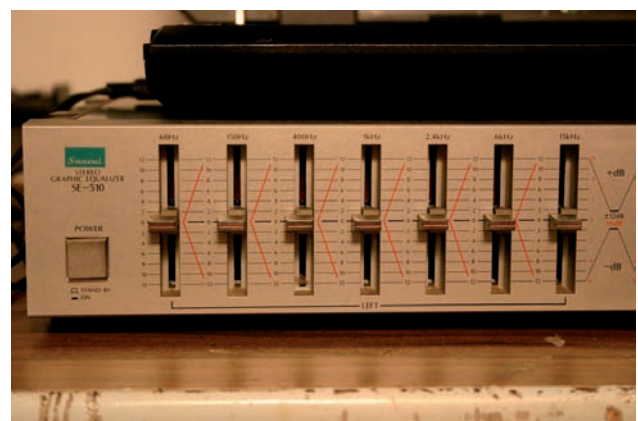


Figura 2 L'equalizzatore grafico in posizione "flat"

secondo frequenze standard ISO):

- 60
- 150
- 400
- 1000
- 2400
- 6000
- 15000

Ossia con un andamento evidentemente di tipo logaritmico. Visual Analyser è stato pertanto impostato secondo le seguenti opzioni (sono indicate solo le opzioni modificate rispetto alle opzioni di default):

- Finestra principale a dimensioni massime.
- Riquadro Y-axis in finestra principale: in listbox "step" selezionato il valore 3dB.
- Riquadro X-axis: spuntata opzione "Log" (ossia asse delle X logaritmico in analizzatore di spettro).
- Riquadro Y-axis in finestra principale: average settato al valore 40.
- Opzione "Channels": settata a Ch B/A = B - A ossia canale destro meno sinistro (in dB) ossia funzione di trasferimento Uscita/Ingresso.

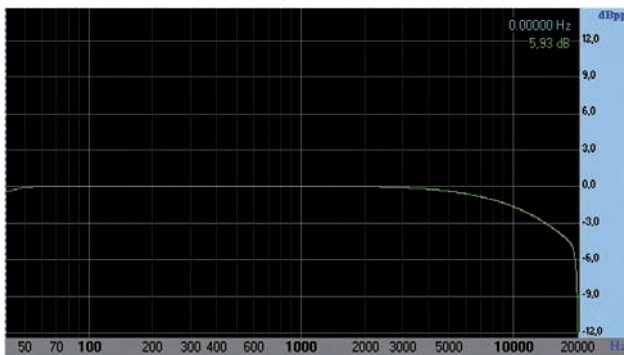


Figura 3 Risposta con i controlli in posizione neutra

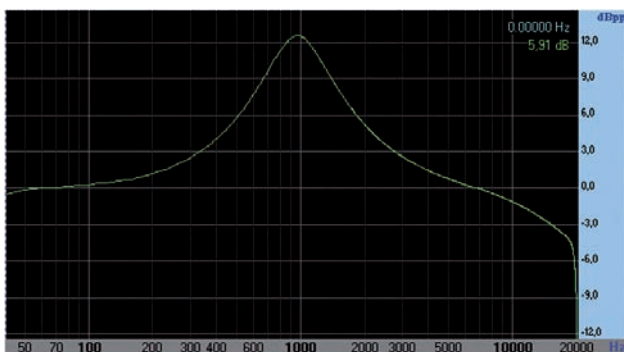


Figura 4 Con lo slide 1000Hz in posizione di massimo guadagno

Il generatore di funzioni è stato impostato nella modalità "loop", selezionando la forma d'onda "white noise"; le ampiezze relative del segnale generato sono state poste al valore 30%; è stato usato lo schema di principio di figura 1, collegando direttamente i cavi senza nessun resistore di attenuazione e senza diodi di protezione. In particolare è stato usato il canale sinistro per monitorare il segnale in ingresso (A), ed il destro per il segnale d'uscita (B).

### ESECUZIONE DELLA MISURA

Effettuati i settaggi appena indicati, si può procedere all'accensione del generatore e mettere in "on" Visual Analyser. Posizionando i controlli dell'equalizzatore grafico in posizione "flat" (figura 2) otteniamo la curva indicata nella figura 3.

Si può dunque osservare che l'amplificatore presente all'interno dell'equalizzatore grafico presenta una risposta in frequenza che si mantiene relativamente piatta sino ai 15 kHz (ossia si mantiene entro i +/- 3 dB) con marcata tendenza ad attenuare oltre questo valore. Data la classe dello strumento è un risultato accettabile e prevedibile. Posizionando il controllo della banda dei 1000 Hz nella posizione di massimo guadagno (indicata sulla scala come +12 dB) otteniamo il grafico di figura 4.

Si osserva una perfetta coincidenza con quanto indicato sulla scala dei potenziometri, ossia una esaltazione di circa 12 dB; nella posizione opposta otteniamo quanto riportato in figura 5 che continua a confermare la validità del filtro (ossia un'attenuazione di circa -12 dB).

Si riporta, in ultima battuta, l'immagine reale

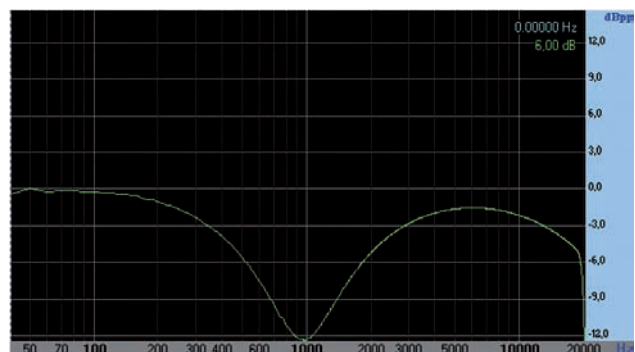


Figura 5 Con lo slide 1000Hz in posizione di minimo guadagno

del "banco di prova" relativamente alla prova con i controlli in posizione "flat"; le precedenti schermate invece sono state ottenute "catturando" lo schermo mentre veniva effettuata la misura (quindi comunque in situazione reale); l'immagine di figura 6 è stata ottenuta fotografando le apparecchiature durante la stessa esecuzione della misura.

Si osservi la figura 7; l'oscilloscopio traccia il rumore bianco in entrata al dispositivo (grafico verde) e quello in uscita (grafico rosso); i controlli dell'equalizzatore sono posti in posizione "neutra". Per finire, si riportano le immagini "reali" con il controllo della banda dei 1000 Hz in posizione +12dB e -12dB.

A questo punto sarebbe altresì possibile:

- Catturare i segnali con il tasto "Capture Spectrum" entrando nella finestra che consente di effettuare una analisi "offline" dello spettro visualizzato.
- Stampare il grafico ottenuto sfruttando le opzioni presenti nella finestra.
- Salvarlo come immagine.
- Salvarlo come file testo.
- Ingrandirlo, rimpicciolirlo e cambiare le scale ed i colori.

Il tutto mentre Visual Analyser sta effettuando altre misure, in perfetto parallelismo. Per attivare questa finestra sarà sufficiente cliccare sul bottone "Capture spectrum" in finestra principale. Comparirà una finestra che conterrà il grafico visualizzato al momento della pressione del bottone.

Si noti che le operazioni di "media" aritmetica sul grafico catturato vengono settate separatamente dalle opzioni relative alla finestra in "real time". Andate nella finestra di "Settings", scheda "Capture scope/spectrum".

Nel riquadro "Capture spectrum" potrete settare il numero di buffer su cui effettuare la media; il valore di default è 10, per avere lo stesso risultato impostato nella finestra real time usate il valore 40.

Una volta acquisito il grafico potrete stampare e salvare lo stesso tramite le opzioni del menù file. Si osservi altresì che il grafico della

# circuits stampati in 24 ore

**garantiamo il tempo di consegna:  
24 ore o i circuiti sono gratis**

Potrete scegliere tra singola e doppia faccia con foro metallizzato. Con solder e serigrafie per uno stampato di alta qualità o solo piste stagnate per un prototipo a basso costo.

Prezzi a partire da\* **€ 14,38**

(doppia faccia foro metallizzato

7,50x7,50 cm) e da **€ 9,13**

(singola faccia 7,50x7,50

cm) per FR4 1,6 mm con

rame 35 µm, **tutti com-**

**prendivi di attrezzatura.**

Nessuna limitazione sul

numero dei fori, sul

numero degli utensili

(diametri) e sul tipo di

scontornatura (anche

tondeggiate).

Distanza minima tra le

piste e pista minima 8

mils (0,20 mm).

**PREVENTIVO**

**ANONIMO,**

**GRATUITO**

**ED IMMEDIATO**

**con il nostro**

**calcolatore**

**online.**

**+ QUALITÀ  
- TEMPO**

visita il nostro sito per il dettaglio delle note tecniche

**www.mdsrl.it**

millennium

**md**

dataware

**millennium dataware srl**

parco scientifico e tecnologico

15050 rivalta scrivìa - tortona (al)

tel. 0131 860.254 fax 0131 860157

www.mdsrl.it info@mdsrl.it

\* i prezzi si intendono iva esclusa e calcolati sul singolo pezzo - ordine minimo 2 pezzi

Codice MIP 259095

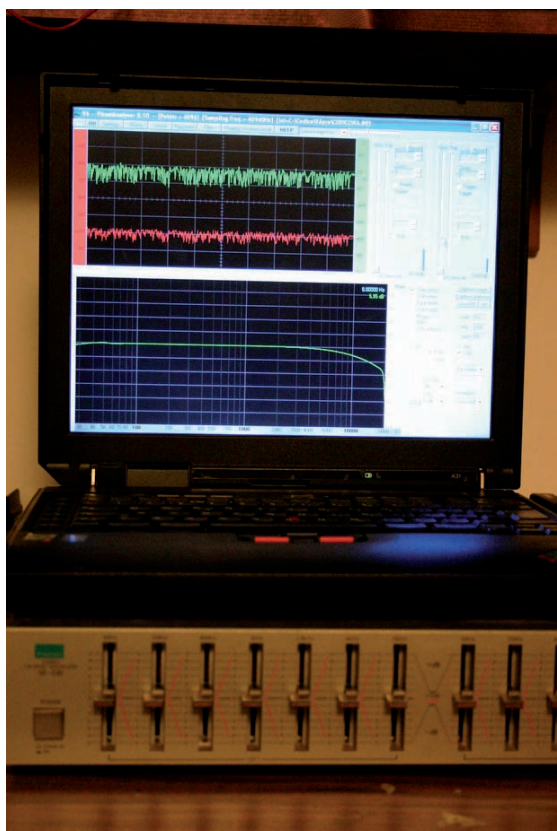


Figura 6 Il Banco di misura reale, controlli "flat"

finestra "Capture spectrum" è dotato di uno zoom molto potente. Per "zoomare" usate il tasto sinistro del mouse: cliccate sul primo punto e, mantenendo premuto il tasto, muovete il mouse dall'alto verso il basso sino a circoscrivere la zona che vi interessa ingrandire. Per far scorrere il disegno premete il tasto destro e muovete il mouse senza rilasciare il tasto; infine per eliminare lo zoom applicato disegnate un rettangolo (con il tasto sinistro, come per zoomare) che va dal basso verso l'alto: in questo caso quale che sia la dimensione del rettangolo circoscritto l'effetto sarà l'eliminazione dello zoom.

### CONCLUSIONI

Anche questa volta non è stato possibile illustrare tutte le funzioni del programma; si è comunque descritta una delle procedure più significative che ha consentito di toccare molti punti importanti e preparare il terreno per molti altri tipi di misura.

Codice MIP259090

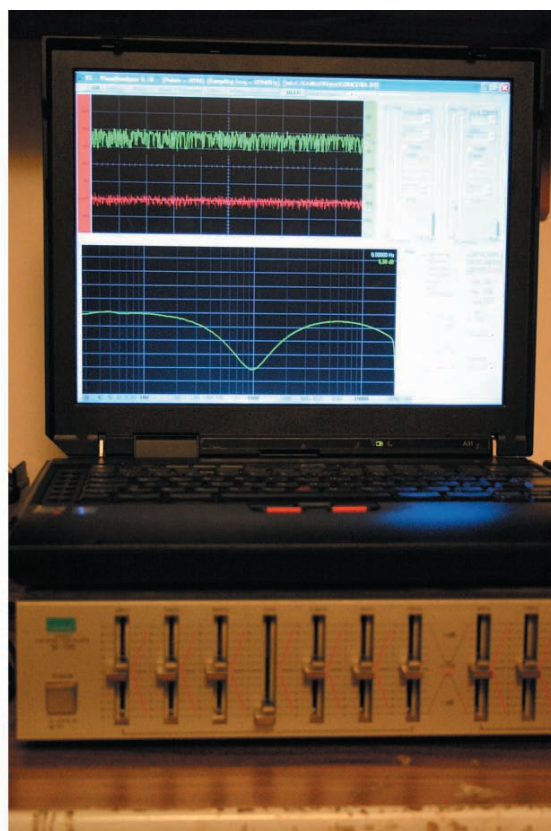
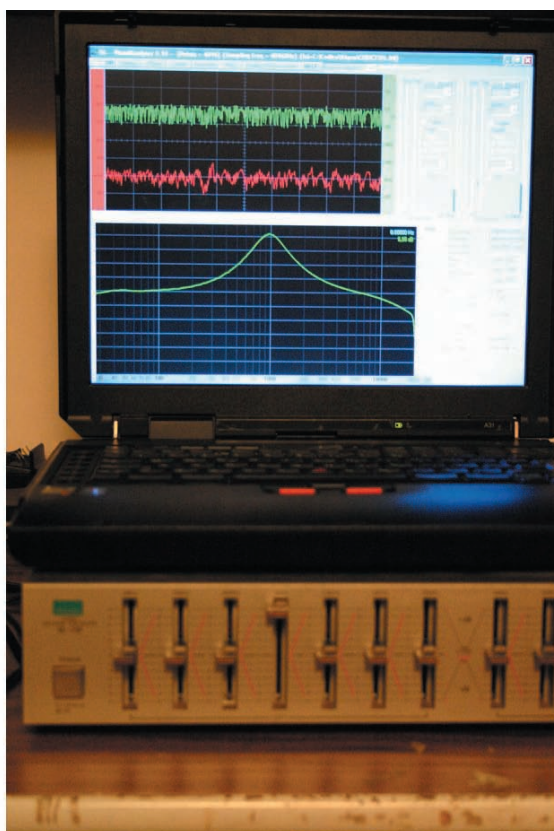


Figura 7 Il banco di misura reale, controlli +12dB e -12dB