

Chiacchierate sull'elettroacustica

17 – Subwoofer... questo sconosciuto

Fin dagli anni '80, sull'argomento "subwoofer", ho avuto modo di ascoltare o di leggere sedicenti esperti, che tentavano di spiegare concetti base, configurazioni, principi di funzionamento e tipologie varie, sempre rivolgendosi a principianti che cercavano di imparare qualcosa. Recentemente ne ho trovato qualcuno anche in rete.

Qualche volta è possibile che siano davvero competenti, ma nella maggior parte dei casi veicolano informazioni che hanno letto da qualche parte, senza alcuna competenza specifica.

Lo si può capire da alcuni strafalcioni piuttosto frequenti, che si lasciano sfuggire durante le loro esposizioni.

Cominciamo proprio dalle inesattezze più comuni, sia per riconoscere il personaggio (qualora dovesse capitarvi), sia perché ci offrono un ottimo punto di partenza.



- *Il subwoofer va bene solo in macchina.
Quando te lo metti in casa, inevitabilmente, senti che i bassi arrivano tutti dalla stessa parte.*
- *L'incrocio con i satelliti va impostato sui 60-70 Hz, al massimo 80.
Se arrivi a 3 cifre, non sarà mai "un vero subwoofer".*
- *È una soluzione che hanno inventato per stanzette minuscole, dove sarebbe difficilissimo collocare due casse tradizionali, da 40-50 litri.*

L'ultima è forse la più divertente, per chi conosce un po' di storia dell'elettroacustica.

So bene che preferite parlare di casse, di filtri e di altoparlanti, ma spesso è la conoscenza del passato a darci importanti informazioni tecniche. Questo è proprio uno di quei casi.



Osservando la foto qui a sinistra, quelli della mia età non hanno bisogno di leggere la marca delle casse: quelle sospensioni **rosse** identificano chiaramente la californiana **Cerwin-Vega**.

Mi dicono che oggi non esiste più, nella sua identità originale.

Fallita una ventina d'anni fa, è stata svenduta e successivamente smembrata, dividendola tra varie corporation.

Ma anche ai miei tempi, quando era ancora in auge, c'è sempre stata la tendenza ad associarla a prodotti Hi-Fi di notevole potenza, oppure al pubblico più... "estremista" del settore car-stereo.

Pochi sanno che *Cerwin-Vega*, per anni, è stato il principale produttore mondiale di diffusori **da cinema**. Qualcuno si starà chiedendo perché ne parlo, altri saranno già arrivati alla conclusione più ovvia... **Furono loro** ad inventare quello che oggi chiamiamo "subwoofer"; non la *Bose* o la *JBL*, come talvolta si sente dire o si legge in giro.

Tale soluzione, nella sua idea originale, non aveva nulla a che fare con la musica.

Come abbiamo già visto nelle chiacchierate precedenti, nessuno strumento musicale presenta componenti significative, sotto i 50-60 Hz; in una sala cinematografica, di sicuro non ci sono problemi a raggiungere quel limite con le casse tradizionali... Eppure è proprio in quell'ambito che è nato il subwoofer, oltre 10 anni prima che l'idea passasse ai nostri impianti domestici, o addirittura nelle nostre autovetture.

L'immagine qui a destra è la locandina di un famoso film del 1961 (*Il Diavolo alle 4*), ambientato in un'isola del Pacifico durante una catastrofica eruzione vulcanica.

E' solo il primo che mi è venuto in mente; ci sono vari esempi che dimostrano come Hollywood, già nei primi anni '60, avesse cominciato a proporre un certo tipo di cinema.

Per ottenere un buon coinvolgimento emotivo nel pubblico, quei film richiedevano qualcosa in più nella riproduzione audio, che andasse ben oltre il suono di un contrabbasso.

Parliamo di frequenze che non si sentono con l'orecchio, ma con la pancia e con le ossa.



Nel 1961, quel vulcano era nettamente insufficiente; considerando l'epoca, il film aveva effetti visivi davvero spettacolari, ma a livello sonoro... il motore di un camion era più coinvolgente di quell'eruzione. All'inizio degli anni '70, la *Cerwin-Vega* corse ai ripari: propose ai produttori cinematografici una nuova tecnologia, a cui diede il nome di "**Sensurround**".



Si trattava di una traccia audio aggiuntiva, in cui venivano registrate componenti armoniche fino a **16 Hz**, legate ad esplosioni, terremoti, vulcani, colpi di cannone, ecc. ecc. Tutti quei suoni che dal vivo si percepiscono con il corpo.

In fase di riproduzione, quella traccia veniva inviata ad una batteria di diffusori dedicati (foto a sinistra), il cui numero variava secondo le dimensioni del cinema.

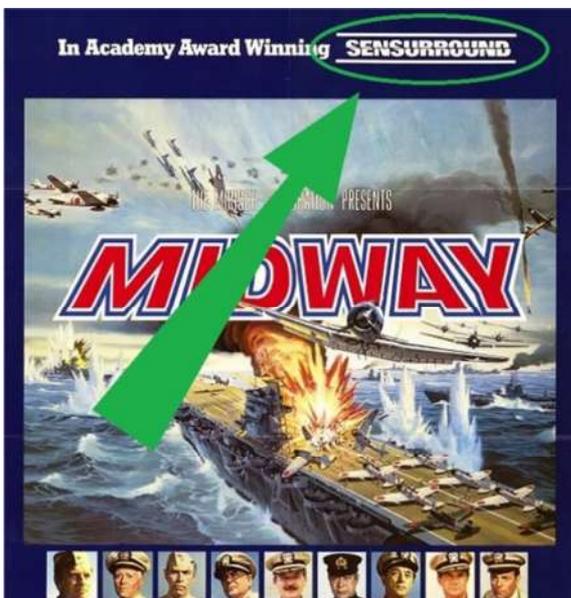
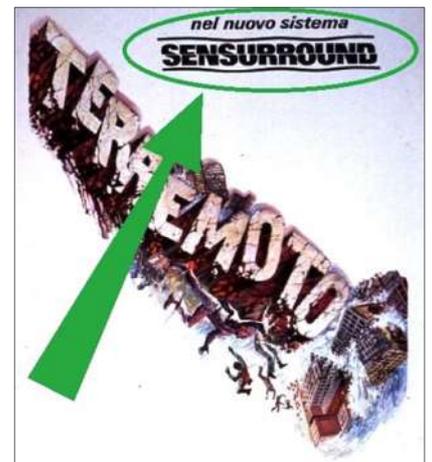
Oggi li chiameremmo "subwoofer".

Ognuna di quelle casse conteneva un woofer professionale da 18 pollici (460 mm), caricato a tromba, capace di un *SPL* da 106 dB e collegato ad un amplificatore da 1600 W.

Il primo film con *Sensurround*, nel 1974, fu "**Terremoto**".

Io lo vidi in versione base, perché all'epoca vivevo in un paesino dove c'era solo il cinema del prete, ovviamente inadatto ad ospitare la nuova tecnologia. Tuttavia, due anni più tardi andai a vedere "**La Battaglia di Midway**" in una struttura di ben altro livello... e fu davvero un'esperienza.

Ricordo ancora oggi i sobbalzi sulla poltroncina, durante i bombardamenti.



Alcune sale italiane installavano reti protettive, sotto il soffitto, per evitare danni agli spettatori in caso di distacco dell'intonaco.

Era successo in un cinema di Milano, durante la prima proiezione di "**Terremoto**", ma nessuno si era fatto male. Parte del pubblico aveva perfino applaudito, credendo che quella caduta di calcinacci fosse un effetto speciale, legato alla nuova tecnologia.

Quei subwoofer durarono pochi anni, poi vennero smantellati per problemi di costi; non solo per l'impianto, ma per i continui controlli della struttura, nonché i lavori di consolidamento ed eventuale ripristino (si staccavano pure le mattonelle dei bagni). Pensateci, se cercate un *Home-Theatre* che scenda a 20-25 Hz.

Ora che sapete com'è nato il subwoofer, potete facilmente rispondere a chi vi dice che "è stato ideato per i piccoli ambienti", o addirittura "per la macchina".

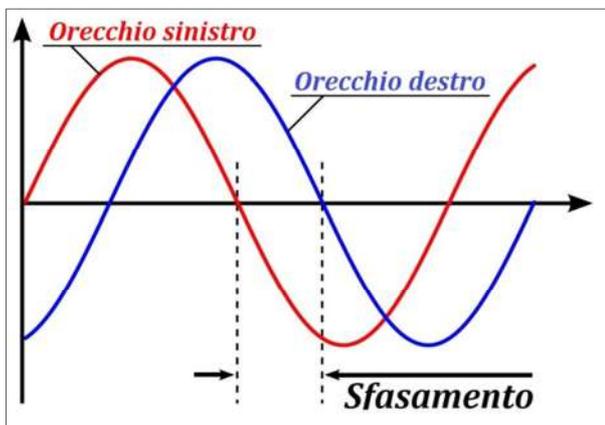
Vi ricordo che negli anni '70 non c'erano i multisala di oggi; i cinema erano come questo qui a destra. Dove andai a vedere "La Battaglia di Midway", giusto per fare un esempio, c'erano 2200 posti ed uno schermo intorno ai 25 metri.

Non lo definirei un "piccolo ambiente"...



Va detto che in quel cinema, durante la proiezione, nessuno aveva la sensazione che le esplosioni provenissero "tutte dalla stessa parte", qualunque fosse la propria posizione in sala. Ogni bomba sembrava cadere esattamente dove l'aereo la sganciava, sia visivamente che acusticamente. E questa è un po' complicata da spiegare...

Il cervello umano, elaborando le informazioni che gli arrivano dall'orecchio, sfrutta diverse modalità per individuare la sorgente sonora. Sono quasi tutte inutili da spiegare, in questa nostra chiacchierata, perché riguardano suoni di frequenza piuttosto alta... roba da tweeter.



Tuttavia, una di queste modalità si spinge fino alla gamma medio-bassa; riguarda lo sfasamento tra i suoni percepiti dalle due orecchie.

Immaginate un segnale sinusoidale come quello a sinistra, dove supponiamo che la frequenza sia sugli 800-900 Hz. Se la sorgente sonora si trovasse esattamente davanti a noi, il suono raggiungerebbe contemporaneamente entrambe le orecchie; le due onde sarebbero sovrapposte. Ma qualunque spostamento della testa, a destra o a sinistra, produrrebbe uno sfasamento tra i due segnali.

Il grafico mostra la situazione di un ascoltatore, mentre si gira verso destra con una certa angolazione. Per la distanza tra le orecchie, il timpano destro viene a trovarsi più lontano del sinistro, per cui si verifica uno sfasamento tra i due segnali.

Ovviamente, quello sfasamento è tanto maggiore quanto più angoliamo la testa; la sorgente si troverà sempre più a sinistra rispetto alla direzione del volto, e così viene percepita dal cervello.

Come si può facilmente intuire, lo sfasamento è massimo quando il suono ci arriva perpendicolarmente, tutto da destra o tutto da sinistra.

In una comune testa umana, grossomodo, la distanza tra le orecchie è sui 18-19 cm; sappiamo anche che la velocità del suono, arrotondando, sta sui 340 m/s.

Vi risparmio i calcoli, ma questi numeri ci dicono che su frequenze di 850-900 Hz, con un suono che arriva **lateralmente**, si verifica un'inversione completa tra i due segnali: nel nostro grafico, la sinusoide azzurra (orecchio destro), sarebbe esattamente **in controfase** rispetto a quella rossa (orecchio sinistro).

Per i più tecnici diciamo che, su quelle frequenze, il **semiperiodo** corrisponde esattamente alla distanza tra le orecchie, dandoci la massima sensibilità sull'individuazione della sorgente sonora.

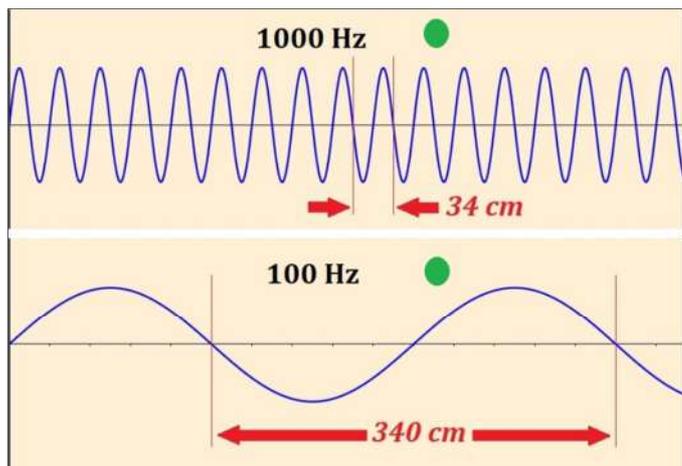
Allontanandosi da lì, verso frequenze più alte, il cervello mantiene questa capacità di percezione, ma con modalità differenti, perché il controllo sullo sfasamento tende gradualmente a perdere efficacia.

Per fortuna, le frequenze da tweeter non riguardano questa chiacchierata, perché sarebbe complicato spiegare i miracoli del nostro udito. Noi non siamo come i gatti, che possono orientare le orecchie...

Ma cosa succede quando ci si sposta dall'altra parte, andando verso i bassi?

Scendendo da quei 900 Hz, la lunghezza d'onda aumenta progressivamente, ma il nostro cervello riesce comunque a rilevare lo sfasamento tra le orecchie, almeno per un po'...

Devo ricordarvi che si parla di **semiperiodo**, quindi la lunghezza d'onda va dimezzata; oppure, più semplicemente, possiamo raddoppiare la distanza tra le orecchie considerando circa 37 cm.



Nel grafico a destra vediamo due onde sinusoidali, con frequenze che stanno in rapporto di 10:1.

Il cerchietto verde indica le dimensioni della testa.

Graficamente, la situazione appare evidentissima, non abbiamo bisogno delle formule matematiche.

Fino a 500... 400... 300 Hz, lo sfasamento rimane percepibile, ma il cervello deve fare uno sforzo sempre maggiore per sentirlo. Poi non ce la fa più... si arrende. Uno studio di psicoacustica, commissionato dalla RCF nei primi anni '80, collocava il limite a 4 volte la distanza tra le orecchie: siamo **tra 200 e 250 Hz**.

Questo dato fornisce un'altra risposta al nostro elenco di... "perle di saggezza", ovvero a chi parla di limite superiore intorno ai 70 Hz "perché altrimenti non è un vero subwoofer".

In questo caso, tuttavia, ci sono delle giustificazioni.

Qui a destra ne vedete una: si tratta di un subwoofer **JBL** dei primi anni '80. L'azienda di Los Angeles è nota per i suoi prodotti di alta potenza, che da sempre si collocano in competizione diretta con la già citata *Cerwin-Vega*.

Quello che vedete in foto era un bestione da 120 litri di caricamento; montava un woofer da 15 pollici con bobina da 100, per una potenza dichiarata di 600 W.



Guardate la frequenza d'incrocio, nel ritaglio qui sotto:

B380
SPECIFICATIONS

ACOUSTIC & ELECTRICAL SPECIFICATIONS:

- Nominal Impedance: 8 ohm
- Max Recommended Amplifier Power: 600W Continuous Sine Wave
- Frequency Response: 24 Hz to 70 Hz (-6 db)**
- Sensitivity: 90 dB SPL*
- Crossover Frequencies: **63 Hz (External Crossover)**

SYSTEM COMPONENTS:

- Cabinet: 
- Grille: 

Negli anni successivi, tra gli appassionati dell'epoca, si sparse la voce che i subwoofer dovevano essere filtrati sotto i 70 Hz, perché "se lo fa la JBL, vuol dire che è giusto così".

Nessuno si preoccupò del fatto che, in tutto il mondo, soltanto *JBL* arrivasse a quel valore... E nessuno si chiese quali motivi avessero spinto l'azienda verso quella soluzione, mentre tutti gli altri stavano sui 120, 140, 180...

Soprattutto, nessuno sapeva che anche la *JBL*, come la sua diretta rivale, era molto impegnata nella produzione di diffusori da cinema.

Quel subwoofer, fornito con il suo crossover attivo, era nato per piccole sale proiezioni, centri congressi, fiere, tutti luoghi dove c'era già un impianto professionale, ma dimensionato per la musica e per il parlato. Quegli impianti adottano diffusori che generalmente si fermano proprio sui 60-70 Hz.

La *JBL*, particolarmente sensibile alle esigenze cinematografiche, proponeva quei subwoofer proprio per integrare la parte mancante, qualora ci fosse stata l'esigenza di riprodurre effetti audio particolari.

Qualcuno potrebbe avere dei dubbi, sul fatto che un diffusore professionale scenda solo a 60-70 Hz... Partecipando a qualche festa di piazza, qualche sagra paesana, o eventi simili, è capitato a chiunque di sentire quel basso da "punch", estremamente aggressivo, che esce da quei woofer da 300 o 380. Tra l'altro, ognuno di loro è amplificato come minimo sui 700-800 W.



Lo strano personaggio con il cappello, che vedete qui a sinistra, è stato fotografato durante una serata-karaoke in un villaggio turistico, qualche settimana fa. Nel vostro interesse, spero che sia più bravo a scrivere di elettroacustica, piuttosto che a cantare... Ma è stata comunque un'esperienza divertente. Le casse con cui mi sono... "esibito"... diciamo così... si chiamavano *Opera 15*, prodotte dall'azienda italiana **dB Technologies**. Il "15" nel nome indica il diametro del woofer in pollici: un **380 mm** con 900 W.

Qui a destra vi mostro un ritaglio dai dati dichiarati. Guardate la risposta in frequenza.

Per noi che siamo abituati all'Hi-Fi, può sembrare strano che un mostro da 380 arrivi solo fino a 61 Hz, ma nel settore professionale sanno benissimo che i bassi musicali non vanno più in là di così.

Risposta in frequenza [-10dB]:	57 - 20k Hz (OPERA UNICA 15)
Risposta in frequenza [-3dB]:	61- 20k Hz (OPERA UNICA 15)
Max SPL:	133 dB (OPERA UNICA 15)
HF voice coil:	1.75"
HF compression driver (optional):	1"

Oltre ai subwoofer della *JBL*, c'era un altro aspetto che traeva in inganno gli appassionati di Hi-Fi, sulla frequenza ideale per incrociare i satelliti: la distorsione armonica (**THD**).

Nella puntata precedente, abbiamo visto che questo problema è poco importante sui bassi da subwoofer, perché a quelle frequenze l'orecchio è poco sensibile. Ma si parlava di un diffusore unico, a due o tre vie, non di un sistema a satelliti, con sezione bassi separata.

In questo caso, invece, è prioritario che la sorgente sonora sia **non-individuabile**. Basandoci sui già citati studi di psicoacustica, sappiamo che il cervello si lascia ingannare fino a 200 Hz o poco più. Pertanto, niente deve uscire dal subwoofer, al di sopra di quel limite.

Immaginate di averne uno incrociato a 140 Hz, collocato **a sinistra** della stanza. Cosa dovrebbe succedere quando il bassista suona un *Si bemolle* a 117 Hz?

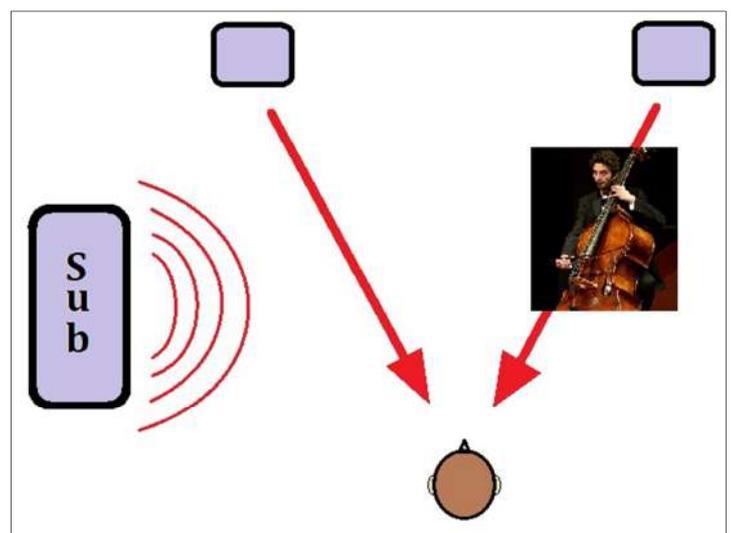
Teoricamente, solo la fondamentale passa dal sub; ci aspettiamo che il restante contenuto armonico arrivi dal satellite, magari addirittura **dal destro**, se il basso è stato registrato su quel canale.

In altre parole, anche se il subwoofer è collocato a sinistra, dovremmo sentire il bassista situato dalla parte opposta, come nello schema qui a lato.

Purtroppo, questo non è sempre vero.

In un sistema tradizionale, a radiazione diretta, non importa se il filtro è attivo o passivo; interviene comunque sul segnale elettrico, **a monte** del woofer.

Se quest'ultimo va in distorsione, produce due componenti aggiuntive che non erano presenti nel segnale d'ingresso; una **seconda** ed una **terza** armonica.



Ci sono anche armoniche di ordine superiore, ma sono generalmente trascurabili.

Va da sé che sul nostro *Si bemolle*, a 117 Hz, la seconda armonica si colloca sui 234, mentre la terza arriva addirittura a 350... rendendo individuabile la posizione del nostro subwoofer.

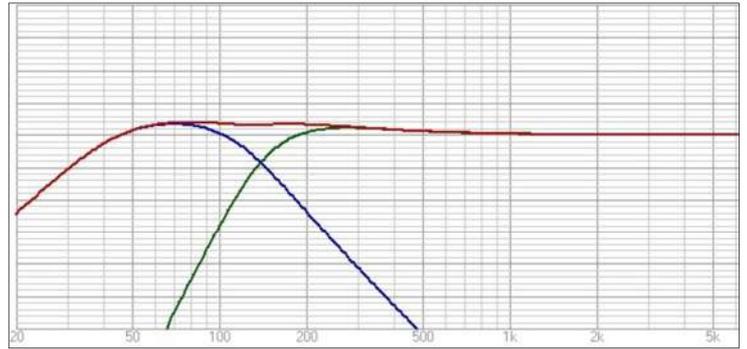
Ovviamente, se filtrassi a 60 Hz, ci starei dentro anche con la terza armonica; ma c'è un altro problemino...

Facendo una breve ricerca in rete, ci si rende conto che i subwoofer di oggi sono quasi sempre **amplificati**, pertanto filtrati con **crossover attivi**. Anche *JBL* forniva un filtro elettronico, per quel modello degli anni '80. Il motivo è legato ad un enorme problema di costi, che illustro con un esempio...

Mi sono divertito a simulare un crossover passivo, per un sistema subwoofer + satelliti, utilizzando altoparlanti realmente esistenti sul mercato.

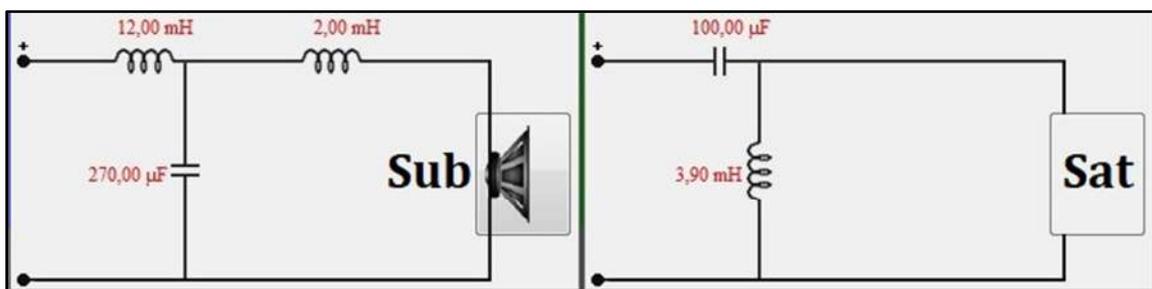
Il satellite monta un piccolo woofer in sospensione pneumatica, già filtrato meccanicamente da una cassa molto piccola; mi sono quindi limitato ad una cella del 2° ordine, a 12 dB/oct.

Per il subwoofer, invece sono andato sui 18 dB.



Impostando l'incrocio sui 140 Hz, sono arrivato al circuito che vedete qui sotto.

Osservate i valori altissimi dei vari elementi.



Nel ricordarvi che io non uso **mai** condensatori elettrolitici, perché instabili nel tempo, ho cercato i prezzi a catalogo dei componenti necessari; considerando che i canali sono due, sono arrivato alla conclusione che ci vogliono **260 euro**. Mi ci faccio due casse complete, con tanto di legno, tubi, colla e guarnizioni!

...E questo incrocia a **140 Hz!** Dove saremmo arrivati, incrociando a 120... a 110... a 100... a 90...?

L'esborso sarebbe tale da farci preferire una soluzione attiva, con crossover elettronico, anche se comporta l'acquisto di un secondo amplificatore.



Da parecchi anni, ormai, esistono soluzioni integrate come quella che vedete a destra: subwoofer già amplificato con tanto di filtro attivo.

Dalla mia foto, si capisce anche che lo tengo in cantina ad impolverarsi. L'ho utilizzato per qualche anno, poi mi sono reso conto che mi avrebbe portato ad un esaurimento nervoso. Con quegli affari, per quanto ci provi, non riesci mai a trovare la giusta impostazione.

Si tratta di un problema ben noto nel settore car-stereo, dove hanno un'esperienza molto più lunga. In macchina, i subwoofer vengono da sempre amplificati a parte, cominciando dagli anni '80.

La possibilità di alterare i bassi a tuo piacimento, sia nella potenza che nella frequenza di taglio, ti fa stare sempre lì a regolare continuamente. Il motivo è piuttosto semplice...

Avendo il potere di farlo, decidi che il basso deve essere **come lo vuoi tu**, non come ha deciso l'autore. Questo è profondamente sbagliato, perché i musicisti devono potersi esprimere anche con i bassi; se in quel brano sono molto delicati, oppure non ci sono affatto, è perché DEVE essere così.

Se a me piace sentire il pavimento che trema, devo scegliere un altro brano o un altro musicista; non è che mi metto ad alzare arbitrariamente il livello del subwoofer, per produrre bassi che non ci sono.

Invece, purtroppo, fanno tutti così... nessuno resiste alla tentazione.

Per coloro che rifiutano il crossover elettronico, come me, esiste un'alternativa?

Posso realizzare un subwoofer passivo, senza spendere un capitale tra induttanze e condensatori?

La risposta è "Sì!"... Anzi, di alternative ce ne sarebbero due, che possiamo considerare alla portata di un dilettante, ma vedremo che in realtà si riducono ad una soltanto, perché l'altra è piuttosto critica. Inoltre, occorre un po' di attenzione nella realizzazione; diciamo... qualche "trucco del mestiere".

Stiamo parlando del **carico simmetrico** e del **doppio reflex**.

In entrambi i casi si tratta di diffusori a **radiazione indiretta**, ovvero di sistemi in cui il woofer **non** irradia direttamente nell'ambiente, ma lo fa attraverso la cassa.

Noi ci concentreremo soprattutto sul carico simmetrico; il doppio reflex presenta alcune criticità che mi portano a sconsigliarlo, soprattutto perché queste chiacchierate si rivolgono ai principianti.

Guardate un po', con chi si comincia...



- Ancora lui?... Pure qui lo troviamo?... Che diavolo c'entra, stavolta?

E già... **Richard Small**, per noi elettroacustici, è stato come Niki Lauda per gli appassionati di Formula Uno.

Non tutti sanno che a metà degli anni '80 diventò il responsabile tecnico della **KEF**, leggendaria azienda inglese con cui collaborava da quasi 10 anni. Il suo predecessore, all'epoca, era **Laurie Fincham**, altro nome storico dell'elettroacustica a livello internazionale.

Fu proprio da quella collaborazione che nacque il carico simmetrico.

Si narra che gli studi iniziarono nel '79, ma il nuovo sistema venne presentato al pubblico nell'84.

L'abbiamo già incontrato in una chiacchierata precedente, ma era solo un accenno, qui sotto vi mostro di nuovo il disegno schematico, molto esplicativo.

A colpo d'occhio, sembra molto facile da realizzare, ma ci sono alcuni dettagli costruttivi a cui il principiante non pensa mai.

- 1) È noto che l'assorbente acustico, in una cassa chiusa, aumenta il volume apparente visto dall'altoparlante. Si potrebbe pensare di ottenere un subwoofer **più piccolo**, con un bel riempimento completo di ovatta o di gommapiuma, nella camera destra del disegno. Questo sarebbe un errore, perché diversi parametri vanno ad interagire tra loro, in modo così imprevedibile che nessun software saprebbe simulare.



Pertanto, limitatevi sempre ad un piccolo strato di materiale sulle pareti, come illustrato nello schema.

Del resto, l'ingombro non è così importante con il carico simmetrico. Vedremo più avanti che talvolta, con woofer da 200 o inferiori, la cassa può risultare così piccola che non si trova spazio per alloggiare il tubo.

- 2) Non chiudete tutti i pannelli con il *Vinavil*, o altri tipi di colla permanente.

Quello di fronte al woofer, che nel nostro disegno è l'ultimo a destra, va fissato con delle viti facilmente removibili, per essere aperto in qualsiasi momento.

Se volete evitare perdite per fessurazione, mettetegli una guarnizione sotto.

Ci sono mille motivi per cui, un giorno, potreste aver bisogno di accedere all'altoparlante, magari anche soltanto per una saldatura fredda, che vi era venuta male e si è staccata con le vibrazioni.

Dovesse capitare qualcosa, stavolta il woofer non ce l'avete a vista.

È per questo che il pannello removibile deve essere quello davanti alla membrana; dopo averlo smontato, avrete subito la flangia del woofer davanti a voi, con tutte le viti comodissime da raggiungere.

Prima di passare agli altri accorgimenti, è necessario sapere come funziona questo ingegnoso sistema. Tutto il segnale acustico passa dal tubo di accordo, che consente un'ampiezza di banda ben precisa, derivante dal nostro progetto. Non ha importanza dove arriva il woofer, a 2000... a 5000... cavoli suoi.

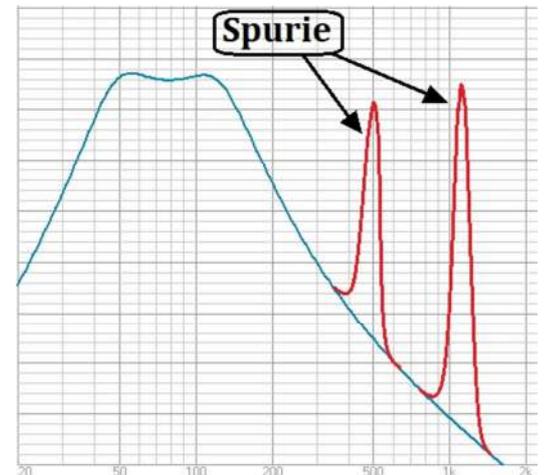
Il subwoofer simulato qui sotto, a scopo di esempio, suona da 42 a 148 Hz (a -3 dB); quantomeno, è quello che ci aspettiamo vedendo il grafico (curva **azzurra**).

Non ci sono induttanze, né condensatori, né filtri attivi. Il woofer è collegato direttamente all'amplificatore, su tutta la banda audio. Abbiamo quindi un filtro **acustico**, che non agisce sul segnale elettrico che arriva all'altoparlante, ma sul suono che esso produce.

Mi spiego meglio...

Se fossimo dentro la cassa, sentiremmo il woofer suonare fino al suo limite naturale: 2000, 3000, 5000 Hz... secondo il modello scelto. Ma all'esterno passa solo quello che consente il reflex; nel nostro caso, le frequenze da 42 a 148. Il resto rimane nella cassa.

- Allora cosa sono quei due picchi rossi, nel disegno?



Disgraziatamente, lì dentro si formano riflessioni, risonanze spontanee, onde stazionarie... che portano alla fuoriuscita di **spurie**: frequenze fuori banda che in qualche modo riescono a passare.

Una o più spurie, che magari si manifestano a 500, a 700, a 1000 Hz, rappresentano un problema piuttosto grave, perché diventa acusticamente **individuabile** la posizione della sorgente sonora.

Questo è il peggior difetto che un subwoofer possa avere. In altre parole, quelle spurie danno ragione a quel nostro amico, che ci diceva *"I bassi ti arrivano sempre dalla stessa parte"*.

Per risolvere il problema, andiamo avanti con il nostro elenco di trucchi costruttivi.

3) Il tubo di accordo va posizionato con una certa cura.

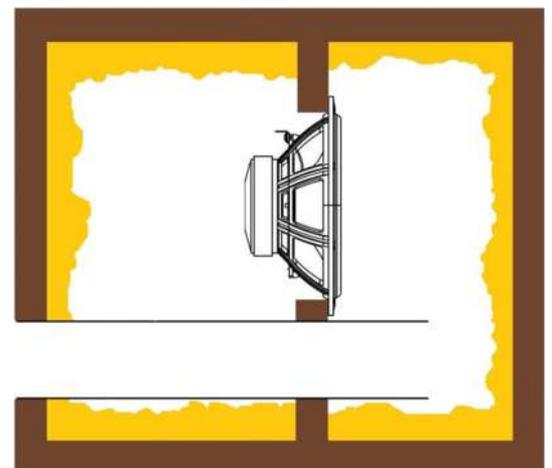
La sua estremità interna deve trovarsi in posizione tale da non ricevere mai l'emissione diretta della membrana.

Vi avevo già mostrato il disegno qui a destra, ma per altri motivi.

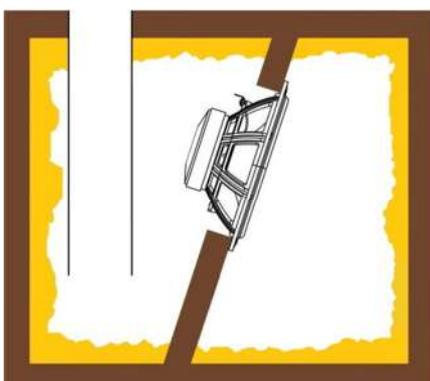
Si parlava del tubo troppo lungo, che talvolta non si riesce a montare nella camera reflex di un carico simmetrico.

Tuttavia, si tratta di una soluzione eccellente anche per attenuare le spurie, perché il tubo è rivolto addirittura dalla parte opposta, rispetto all'emissione della membrana.

Se vi vengono in mente altre soluzioni, nessuno vi costringe ad adottare la mia; l'unico limite è la vostra creatività.



4) Qui sotto vi mostro l'accorgimento più difficile, quello per attenuare le **onde stazionarie**.



Si tratta di frequenze particolari, la cui lunghezza d'onda corrisponde esattamente alla distanza tra due pannelli opposti (o un multiplo).

In ambiente domestico le percepiamo come "rimbombo", perché le pareti di una stanza si trovano a diversi metri l'una dall'altra, quindi le frequenze corrispondenti stanno sull'ordine dei 70, 80, 100 Hz.

Dentro il subwoofer, gli spazi sono di qualche decina di centimetri, pertanto il fenomeno si manifesta a frequenze ben più alte.

Visto che dobbiamo andarci piano con il fonoassorbente, possiamo annullare il fenomeno (o almeno ridurlo) con pareti **non parallele**.

Come mia abitudine, non ho citato nemmeno un'equazione (e non lo farò); il motivo è sempre quello...
A differenza di noi "primitivi" degli anni '80, oggi nessuno si sognerebbe di usare carta e penna.
Lasciamo quindi la matematica ai nostri simulatori software, ma cerchiamo di capire come agiscono.

Forse qualcuno si sta facendo una domanda: - **Perché si chiama "carico simmetrico"?**

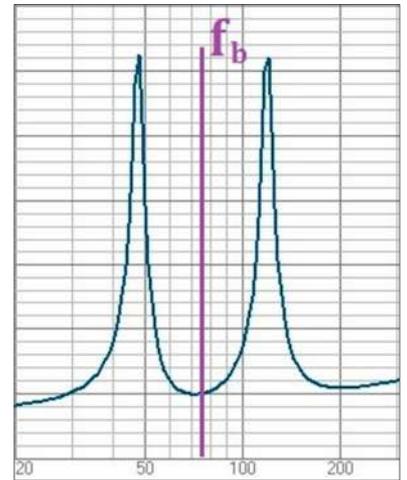
Il woofer si ritrova, sui due lati, camere completamente diverse; non solo per i volumi differenti, ma anche per il sistema di caricamento: chiusa da una parte, reflex dall'altra.

Non so voi, ma io non ci vedo nulla di simmetrico...

Il nome è legato alla curva d'impedenza, che vedete nel grafico qui a destra. →
Montato nella camera chiusa, il nostro woofer assumerà una nuova frequenza di risonanza, che dipende dal suo V_{as} come abbiamo già visto in precedenza.
Per ottenere una risposta regolare, in quella piccola banda passante che il subwoofer ci offrirà, è necessario che la frequenza di accordo della cavità reflex venga impostata sullo stesso valore.

Con i simboli che ormai conosciamo, possiamo dire che f_b sarà uguale a f_c .

Come nel grafico, l'impedenza presenterà due picchi perfettamente uguali, sia per altezza che per estensione, centrati intorno alla frequenza di accordo.
È questa la simmetria che dà il nome al sistema.



Questo *Monacor* da 200 mm... sembra di averlo già visto da qualche parte...

No, non è il solito *SPH 210*, che abbiamo già preso come esempio in passato; questa volta scegliamo la versione a doppia bobina: **SPH 200TC**.

In realtà, la doppia bobina non serve solo a miscelare i due canali, ovvero a realizzare subwoofer monofonici; ci sono altre applicazioni, poco note tra i dilettanti, ma di notevole interesse. Quando ero in attività, "ho visto cose che voi umani..."
...Ma in questa chiacchierata, ci limiteremo all'impiego come subwoofer.

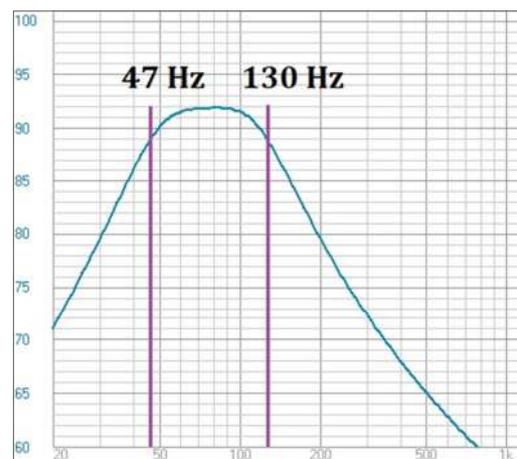
Osservando i parametri di Small, non c'è nulla di particolarmente interessante; tutto nella media.

Rispetto alla versione base, monta una bobina da 50 anziché da 36, per ovvi motivi: riceve una potenza doppia perché sovrappone entrambi i canali. Costa intorno ai 60 euro, prezzo onestissimo, ed è da lui che ho ottenuto quell'esempio di impedenza simmetrica.

Ora provate a giocherellare con un qualunque simulatore.
Inserendo i dati di quel woofer, vi accorgete da soli che il risultato è quasi obbligato.

A destra, vi mostro il compromesso che io ritengo ideale, per i limiti di questo woofer: abbiamo raggiunto un'**SPL** pari a circa **92 dB**, con la somma delle bobine (**89 dB** per canale).

È un buon risultato per un 200 mm, che inoltre ci offre un'ampiezza di banda di tutto rispetto: da un lato copre il registro di qualsiasi strumento musicale, dall'altro è compatibile con qualunque satellite.



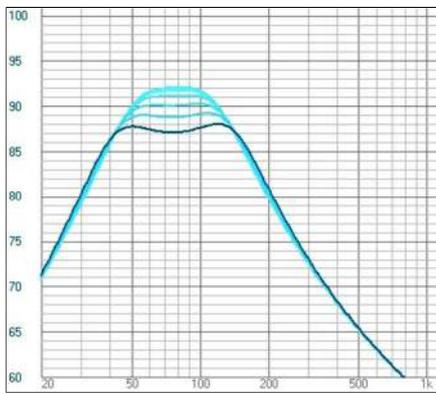
Il risultato si ottiene con $f_b = f_c = 76$ Hz, che comporta una cavità chiusa di circa 15 litri.

Dopo aver impostato il centro banda, si agisce sul volume reflex, aggiustando ampiezza ed efficienza.

Un diffusore in cassa chiusa ci offre un solo elemento su cui lavorare: il volume di carico.

Con il bass-reflex cominciamo a lavorare su due: volume di carico e frequenza di accordo.

Ora diventano tre, ma la loro interazione offre margini di lavoro molto ristretti, dopo la scelta del woofer.



Il grafico a sinistra ci mostra cosa accade modificando V_b , il volume di carico della camera reflex. In buona sostanza, non è possibile allargare l'estensione senza compromettere l'*SPL*.

Ripeto pertanto il mio solito consiglio: ora più che mai, non cercate di inseguire inutilmente i 30-35 Hz; fermatevi intorno ai 50 e cercate di avere in cambio una buona efficienza.

Ricordate che l'impatto dinamico, con la musica, si ottiene con 3-4 dB in più, non con 10-15 Hz in meno. Quelli servono per i vulcani al cinema.

Il carico simmetrico non serve solo a risparmiare sul crossover...

Il subwoofer di cui stiamo parlando, realizzato con il nostro *Monacor* da 200 mm, richiederebbe **24 litri** di volume interno complessivo, compreso il tubo di accordo, per collegare entrambi i canali.

Aggiungendo lo spessore del legno, praticamente occupa lo spazio di un forno a microonde.

Con il normale bass-reflex, lo stesso volume vi serve per un 165... e talvolta non basta.

Adesso immaginate due wooferini da 100 mm, abbinati a due tweeter da 19, da caricare in cassa chiusa per scendere solo fino a 130 Hz. Quando ci ho provato, ho sempre dovuto adottare un crossover esterno, perché le casse erano così piccole che gli altoparlanti ci entravano appena...

Facciamo un esempio?

Questo piccolo gioiellino a destra, lo *Scan-Speak 12W*, è un po' caro per la categoria; costa quasi come il subwoofer *Monacor*, ma sai com'è?... Si chiama *Scan-Speak*...

Non vi fate ingannare dalla foto, priva di punti di riferimento; la membrana è poco più grande di un pacchetto di sigarette.



Abbinandolo al tweeter a sinistra, il *SEAS* da 19 che abbiamo già incontrato in passato, sono sicuro che si formerebbe una combinazione da urlo... ma completamente senza bassi.

Per noi, che dobbiamo fermarci a 130 Hz, servirà una mini-cassa da appena **1.5 litri**.

Considerando un frontale obbligato dalle misure degli altoparlanti, la profondità del satellite sarà di 10 cm o poco più, compreso lo spessore dei pannelli.

Ora proviamo ad aggiungere il nostro carico simmetrico...

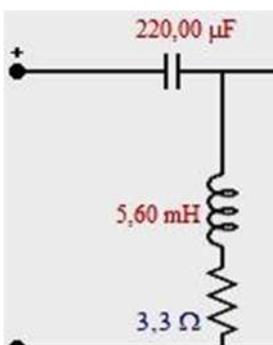
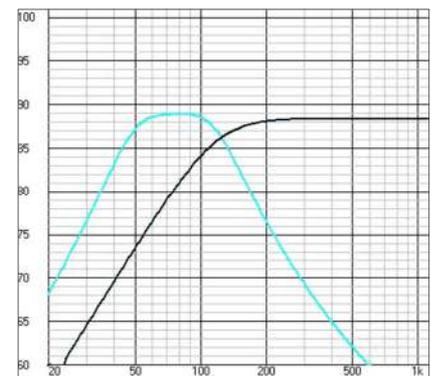
...ed otteniamo un matrimonio perfetto! (A destra).

Nel grafico, il subwoofer è già stato normalizzato a bobina singola.

Il satellite è invece smorzato dal riempimento di materiale fonoassorbente (in questi casi, io usavo l'ovatta di cotone); infatti, manca la tipica gobba dell'allineamento *Chebyshev*.

E' un sistema di piccola potenza, per amplificatori da 30 W o poco più, limitato dalla bobina da 25 del piccolo *Scan-Speak*.

Il satellite è già protetto **meccanicamente** da eccessive escursioni, ma la temperatura si alza lo stesso.



Per dargli 60-70 W, ci vorrebbe una cella di filtraggio come quella a sinistra...

Ma sapete quanto costa, un condensatore da **220 µF**?... Quasi come il woofer! ↓

Se la potenza non è sufficiente, consiglio di raddoppiare i wooferini da 100, mettendone due in serie per ogni satellite.

Dove stanno 2 litri, possono starcene anche 4, ma con quello che vi sarebbe costato il filtro, avrete

una potenza quadrupla e la configurazione *d'Appolito* (di cui forse parleremo in futuro).



Per il nostro esempio di carico simmetrico, ho scelto il formato da 200 per un motivo preciso, a cui abbiamo già accennato: l'installazione problematica del condotto reflex.

Nella puntata n° 10 abbiamo scoperto che il diametro del tubo è piuttosto importante, per via delle turbolenze che creano perdite e distorsioni. Secondo gli studi di Richard Small, il valore deve essere poco più della metà del diametro della membrana.

Ma lì si parlava di casse tradizionali, a radiazione diretta, dove l'accordo reflex rinforza solo una piccola parte dell'estensione complessiva del woofer. Se proprio devi togliere qualche centimetro...

Ora non è più così.

Nel carico simmetrico, TUTTA l'emissione passa dal tubo; il dimensionamento proposto da Small è un limite invalicabile, anzi, sarebbe meglio tenersi più larghi. Per il nostro woofer da 200 mm (164 di emissione), bisogna adottare come minimo un tubo da 100, che internamente sarà sui 96 mm.

In realtà, sui miei carichi simmetrici ho sempre scelto la soluzione a tubi multipli (apertura distribuita), ma non cambia nulla... il problema è nella lunghezza.



Il nostro subwoofer di esempio richiede 15 litri per la cassa chiusa e 8 per la cavità reflex.

Con l'approssimazione di un disegno fatto a mano, vi illustro la situazione qui sotto a sinistra.



Per accordare quel reflex a 76 Hz, usando un tubo da 96 mm, occorre dargli una lunghezza di 39 cm. L'estremità interna non deve stare troppo attaccata al materiale fonoassorbente, quindi devo prevederne 45-50.

...E come ce lo metto, mezzo metro di tubo, in una cassa da 8 litri?

Ho già provato a fare due conti, verificando che la cosa si può fare adottando quella mia soluzione già descritta in passato (a destra).

Tuttavia, anche ricorrendo a questo trucco, con il 200 mm ci stiamo dentro per un pelo.



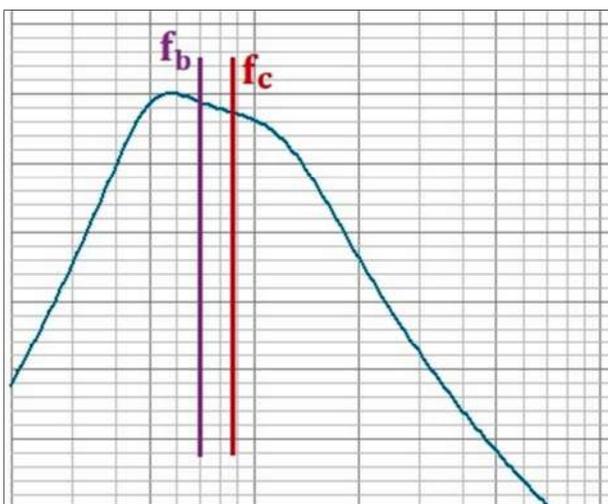
Inutile dire che diventa pressoché impossibile, con woofer più piccoli.

Inoltre, non so se qualcuno di voi riuscirà ad inventare qualcosa di diverso, ma la mia idea produce difficoltà costruttive tutt'altro che trascurabili.

Ai miei tempi lo proponevo solo per la macchina; in ambiente domestico non sono mai sceso sotto il formato da 250.

Ultima cosuccia, prima di passare al doppio reflex.

Finora ci siamo imposti che f_b deve essere uguale a f_c . Ma cosa succederebbe, se così non fosse?



Si otterrebbe un sistema **detuned**, con la curva di risposta sbilanciata su un lato, come nel grafico a sinistra.

In questo esempio, abbiamo una differenza di 15 Hz tra le due frequenze di riferimento, con $f_b = 61$ ed $f_c = 86$.

Nell'ottava tra 55 e 110 Hz otteniamo un calo di 3 dB, che potrebbe essere una scelta, non un errore.

Magari abbiamo deciso di enfatizzare i bassi profondi, per poi allinearci con un satellite di minore efficienza.

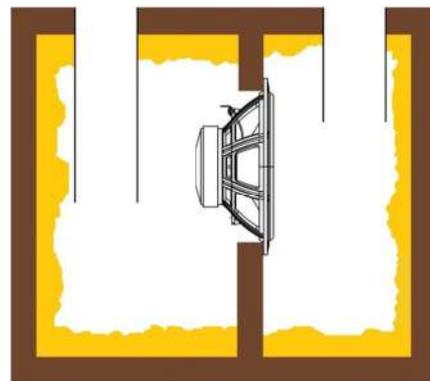
L'importante è sapere cosa si sta facendo e cosa si vuole ottenere, non arrivarci per aver segato male un tubo.

Il **doppio carico reflex**, o **doppio reflex parallelo**, o semplicemente **doppio reflex**, alla fine degli anni '80 veniva chiamato "*Acoustimass*", perché questo era il nome commerciale che gli aveva dato la **Bose**. Era il 1987, quando l'azienda di Boston lo presentò al mondo, con formidabile tam-tam pubblicitario.

Guardando il disegno schematico qui a destra, si capisce come l'idea sia palesemente derivata dal carico simmetrico di tre anni prima.

A livello commerciale, tuttavia, gli americani fecero una scelta opposta rispetto alla **KEF**. L'azienda inglese, come tutti sanno, è da sempre impegnata su prodotti di elite, poco comuni da vedere in giro.

L'*Acoustimass*, al contrario, venne proposto come prodotto di massa, realizzato con materiali super-economici; all'epoca fu molto criticato, soprattutto dagli Italiani, che non avevano capito la situazione.



Il nostro importatore, infatti, aveva deciso di puntare sul pubblico meno competente, ipnotizzato dalla campagna di marketing, che voleva il sistema Bose perché "*faceva figo*". Purtroppo aveva ragione.

Risultato: il prezzo italiano era 4-5 volte più alto che negli U.S.A. Ci compravi le casse *Dynaudio*.

Mi ricordo di un amico che voleva farselo inviare da un parente di Baltimora; la spedizione costava quanto la merce, ma in totale avrebbe comunque speso meno.



Eccolo qua... il leggendario **AM-5**, dove **AM** sta per *Acousti-Mass*.

Un paio d'anni più tardi uscì addirittura la versione più economica, con il nome di **AM-3**, indicando a tutti che **Bose** non puntava all'Hi-Fi di qualità, ma al prodotto "da prezzo" e produzioni da grandi numeri.

Quelli come me, che lo hanno visto dal vivo, ricordano quattro scatolette di plastica (i satelliti), che alloggiavano dei larga-banda degni di una radiosveglia.

Il subwoofer (o meglio "l'unità bassi", come la chiamava **Bose**) era uno spigoloso parallelepipedo in truciolare da 15, rivestito in vinile adesivo.

All'interno, i due woofer sotto a destra, che oggi non arriverebbero a 20 euro.

Nel 1987, erano ancora in pochi a conoscere il concetto di *subwoofer + satelliti*.

Ricordo che i promoter, alle fiere, erano costretti a spiegarlo al pubblico, usando la stessa situazione che vi ho illustrato a pag. 6: il sub posizionato a sinistra, un assolo di contrabbasso Jazz registrato sul canale opposto...

...E tante facce meravigliate, nel percepire quel basso che veniva da destra.

La diffusione di massa, prima dell'**AM-5**, poi anche dell'**AM-3**, fece credere a molti che fosse stata la **Bose** ad inventare il subwoofer, perché prima non ne avevano mai sentito parlare. Ovviamente, l'azienda non fece nulla per evitarlo.

Io conoscevo già quella soluzione, ma rimasi ugualmente stupito nel sentire quel bassista a destra, perché ci dissero che i satelliti partivano da 200 Hz.

All'epoca, credevo che quell'effetto si potesse ottenere solo con frequenze d'incrocio ben più basse, al massimo sui 120.



In quel periodo, la moda dell'*Acoustimass* esplose in modo incontrollato. Trovavi i sistemi **Bose** a casa di amici e conoscenti, nelle pizzerie, nei negozi di abbigliamento... c'era perfino chi se lo metteva in macchina.

L'era del doppio reflex si è fermata a quegli anni. Nelle serie successive, la stessa **Bose** si convertì al carico simmetrico, come tutti coloro che avevano provato a realizzare un *Acoustimass* artigianalmente.

I sistemi a radiazione indiretta presentano infatti alcune criticità, che nel carico simmetrico sono facilmente risolvibili, ma che sul doppio reflex hanno prodotto parecchie fregature (anche a me).

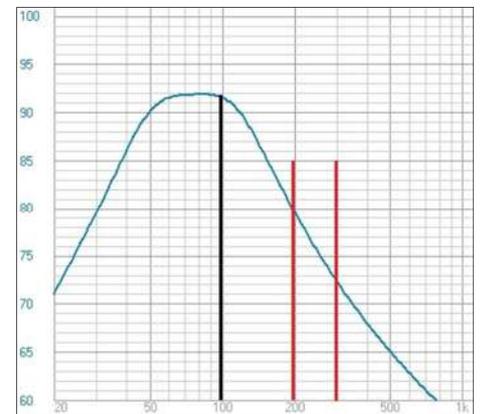
Anche se può sembrare paradossale, il grosso problema di questi sistemi è l'**assenza di distorsione**. Acusticamente non ti accorgi che stai esagerando con la potenza, perché le due componenti principali della **THD** (2^a e 3^a armonica) vengono entrambe filtrate a valle dell'emissione dell'altoparlante. Mi spiego meglio...

Supponiamo che il nostro woofer riproduca un segnale a 98 Hz, che musicalmente corrisponde ad un **SOL**. Ora aumentiamo la potenza, fino a produrre una distorsione altissima: il **25%**, sia in 2^a che 3^a armonica; praticamente stiamo cercando di romperlo (...o lo abbiamo già fatto).

In un sistema con crossover tradizionale, attivo o passivo, le due componenti distorsive se ne fregano del filtro, perché il taglio avviene sul segnale elettrico prima che arrivi al woofer. La distorsione viene generata dopo, dal movimento di membrana e bobina.

A destra vi mostro un esempio grafico, usando la risposta del subwoofer considerato in precedenza (quello con il *Monacor* da 200).

Se avessimo ottenuto quella curva con un normale crossover, la linea **nera** mostrerebbe il livello del nostro **SOL**, mentre le **rosse** corrisponderebbero alle distorsioni del 25% (-6 dB), in 2^a e 3^a armonica (196 e 294 Hz).

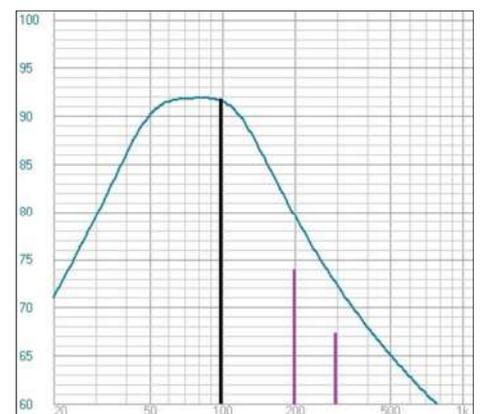


Ma noi non abbiamo un normale crossover, abbiamo un carico simmetrico che filtra **acusticamente**.

Nel nostro caso, quindi, il taglio a 130 Hz agisce sul suono che il woofer ha già prodotto... e blocca tutto quanto, comprese le distorsioni.

Anche questa volta vi mostro un esempio grafico, con le componenti distorsive colorate in **viola**. Pure qui il woofer distorce come una cornacchia, lì dentro, ma all'esterno quelle frequenze non passano.

La 2^a e 3^a armonica, trovandosi sopra i 130 Hz, vengono filtrate come tutto il resto, a 12 dB/oct. Con il doppio reflex sarebbero addirittura 18 dB/oct. In sostanza, non abbiamo niente che ci indichi il limite, che ci faccia capire quando il woofer sta per cedere. Non possiamo nemmeno vederlo.



Quanto detto fin qui vale per entrambi i sistemi... - *Allora perché il doppio reflex sarebbe più critico?*

Perché il carico simmetrico **minimizza** il volume della cassa. Vi fa risparmiare sull'ingombro, alloggiando un grosso woofer in un piccolo spazio.

Con il doppio reflex accade il contrario: risparmiate sull'altoparlante, ma il volume viene **massimizzato**. Grossi volumi con piccoli woofer, cercando di spremerti fino all'ultimo hertz e fino all'ultimo decibel .

Visto che tutti abbiamo una mamma, una moglie, qualcuno che rompe i co... i condensatori... non sempre possiamo tenere in salotto un doppio reflex da 50-60 litri, per metterci un 200 mm. Ma anche se potessimo, preferirei usare quel volume per un woofer di formato superiore, adottando il carico simmetrico.

- *Ma non eri tu, quello che guardava al prezzo? Un woofer più grosso è anche più costoso...*

Qui a destra, vi mostro i fratelli maggiori del nostro *Monacor* a doppia bobina.

La versione da 250 costa **20 euro in più**, per quello da 300 ce ne vogliono **altri 10**.

Se fosse per casa mia, non avrei dubbi...



Nelle chiacchierate precedenti, avevo mostrato una certa contrarietà verso i formati oltre 200 mm, che consideravo inutili per un ambiente domestico. Cos'è cambiato?...

Innanzitutto, il carico simmetrico è un subwoofer, non un diffusore completo; non ha l'esigenza di arrivare a 3000-4000 Hz per incrociarsi con il tweeter.

Ma soprattutto, a livello dilettantistico, bisogna **sempre** usare modelli **a doppia bobina**.

Il motivo l'abbiamo già accennato alla fine della chiacchierata n° 8, sulla cassa chiusa; si parlava di alloggiare due woofer nello stesso volume di carico.

Per chi lo avesse dimenticato, riporto quelle parole qui sotto:

*In elettroacustica, le tolleranze di produzione sono piuttosto alte, spesso anche sui marchi prestigiosi. Tra quei due woofer, ce ne sarà sempre uno che spinge un po' più dell'altro: un **BL** più alto, una diversa cedevolezza, la resistenza della bobina...*

Il più forte tende a prevalere, soprattutto quando gli chiedete grosse escursioni, trascinandosi dietro l'altro che inizierà a muoversi in controfase.

Il fenomeno tende ad aumentare con la potenza: più alziamo il volume, più i bassi si riducono.

Se quel problema si manifesta con la normale cassa chiusa, immaginate cosa potrebbe accadere in un carico simmetrico.

Lì dentro ci sono pressioni e contropressioni ben più elevate; inoltre, la complessità di costruzione diventerebbe proibitiva, se dividessimo le camere in due metà, rispettando tutti gli accorgimenti consigliati nelle pagine precedenti.

Sarebbe più facile realizzare due casse separate, una per ogni canale, magari da usare come supporto per il relativo satellite.

Non sareste certo i primi a farlo, come dimostra la **KEF** del 1987 qui a destra; però non sarebbe più un subwoofer, ma un normalissimo diffusore da pavimento.

Pertanto, visto che la doppia bobina è praticamente una scelta obbligata, abbiamo un ulteriore aggravamento dei problemi di potenza, di cui abbiamo già parlato.

Se il vostro amplificatore fosse da 40 W, sul woofer ce ne sarebbero 80, perché entrambi i canali si sommano sullo stesso altoparlante.

Non avendo nessun segnale che vi avverta di eventuali cedimenti, e considerando quella potenza raddoppiata, darestes fiducia ad un piccolo woofer in doppio reflex? Io l'ho fatto e mi sono pentito.



Prima di salutarvi, un ultimo consiglio, che anche in questo caso contrasta con alcune mie indicazioni del passato.

Dovendo arrivare fino a 150 Hz, o giù di lì, potrebbe sembrare inutilmente dispendioso ricorrere al carbonio, al polipropilene, al Kevlar... Invece, con queste pressioni interne è necessario.

Con i miei occhi, ho visto **membrane in carta** piegate fino a strapparsi, con il carico simmetrico. Ed ho raccolto personalmente pezzi di **bordo schiuma**, dall'interno di un doppio reflex.

I **Monacor** che ho mostrato sono tutti in polipropilene con bordo gomma. Non è un caso.

Alla prossima!

19 agosto 2021

(Robert Romiti)