

Chiacchierate sull'elettroacustica

15 – Filtri crossover – Facciamo passi avanti...

Abbiamo interrotto la chiacchierata n° 14, che stava diventando troppo lunga, dopo aver visto qualche idea di crossover per due sistemi piuttosto semplici, con diversi formati di woofer e tweeter.

Il motivo principale, per definirli "semplici", riguarda le curve di impedenza; nei casi precedenti, entrambi gli altoparlanti si lasciavano filtrare abbastanza agevolmente. Ora non più.



Cominciamo dal woofer...

Quello che vedete qui a destra è un *Monacor* da 200 mm; si chiama **SPH-210** e sarà protagonista del prossimo esempio.

Con questo formato, comincia ad essere difficile ottenere una buona estensione in alto, senza incorrere in vistosi break-up; di solito tocca spendere un centinaio di euro, poco più o poco meno, per trovare i primi modelli con una risposta regolare.

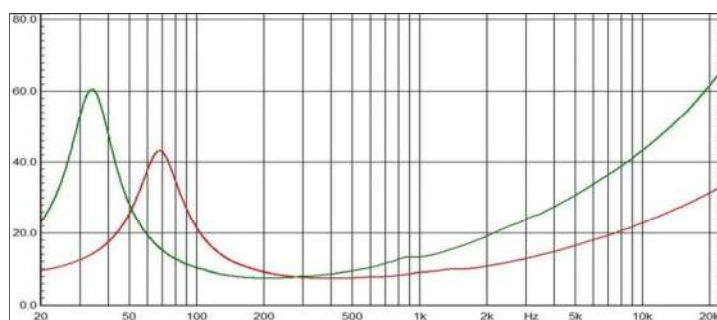
Ho scelto *Monacor* perché ci riesce con un woofer da 60 euro, un caso rarissimo.

Osserviamone la curva di impedenza (in verde) a confronto con il piccolo woofer delle *Minima* (in rosso).

A 20'000 Hz, il *SEAS* usato da Serblin arrivava a **30 Ω**, con la sua minuscola bobina da 25.

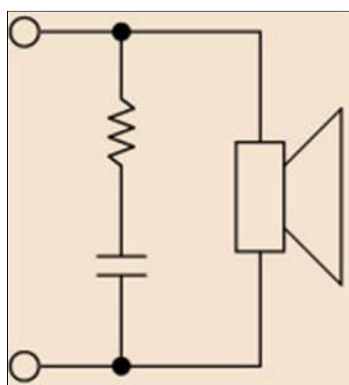
In questo caso arriviamo a **60 Ω**!... E' dovuto alla bobina da 36, senza nessun anello demodulante.

Su un woofer da 200 o 250 mm, è del tutto normale trovare bobine di quel formato, talvolta anche da 50. L'induttanza parassita aumenta parecchio ed il filtro lavora su un'impedenza che si impenna...



Questo complica parecchio la vita del progettista principiante, che talvolta deve bestemmiare in aramaico per determinare la risposta desiderata... a meno di non usare una **rete di Zobel**.

...Era ora! Sono 3 o 4 volte che la nomini senza spiegarla. Finalmente ci siamo.



A destra vediamo la versione più comune, proprio quella che serve a noi, per compensare l'induttanza parassita del woofer.

Secondo la formulazione originale di Otto Zobel, del 1923, la resistenza va posta uguale alla R_e della bobina mobile, mentre il condensatore viene calcolato con un'equazione semplicissima: $C = L_e / R_e^2$ (dove L_e = induttanza parassita)

In seguito vennero sviluppate formule più complesse, che dovrebbero produrre una compensazione più efficace; tra poco capiremo che sono del tutto inutili.

Ai miei tempi andava di moda aumentare la R_e del 25%, o se preferite, moltiplicare il valore per 1.25; non so se si usa più...

Alcuni simulatori calcolano automaticamente quei valori. Non so se usano la formula originale o qualche versione più complessa, ma fidatevi tranquillamente di ciò che vi danno... tanto non cambia nulla.

I valori che otterrete sono risultati matematici, che generalmente non esistono in commercio, quindi andremo sempre a correggerli con quello che si trova.

Quando eravamo dilettanti, ricordo un amico che aveva messo insieme una batteria di **sette** condensatori e **quattro** resistenze, per ottenere valori conformi fino alla seconda cifra decimale.

Quando vidi il filtro, gli chiesi: - *Ti sei accorto che i componenti hanno tolleranze del 10%?*

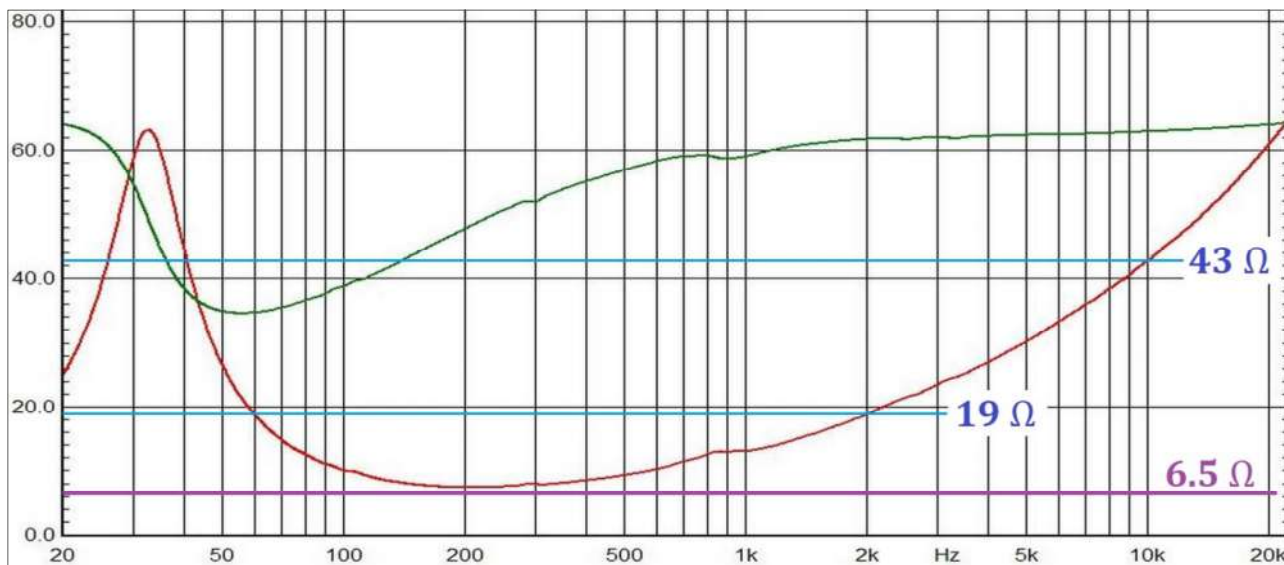
Forse dovevo essere più diplomatico, magari aspettare che fossimo da soli...

...perché passò due-tre giorni senza rivolgermi la parola.

Per prima cosa, dimostriamo subito che la rete di Zobel si può calcolare “a braccio”, andando avanti per ordini di grandezza e senza alcuna esigenza di precisione.

La prima cosa da notare, sulla curva di impedenza, è che l’induttanza parassita... non è un’induttanza!

Nel grafico qui sotto, ho intersecato la **curva rossa** in due punti, a 2’000 e 10’000 Hz, ottenendo impedenze di 19 Ω e di 43 Ω. La **linea viola**, in basso, mostra la componente resistiva (6.5 Ω).



L’induttanza è molto semplice da calcolare: $Z = 2\pi f \cdot L \rightarrow L = \frac{Z}{2\pi f}$

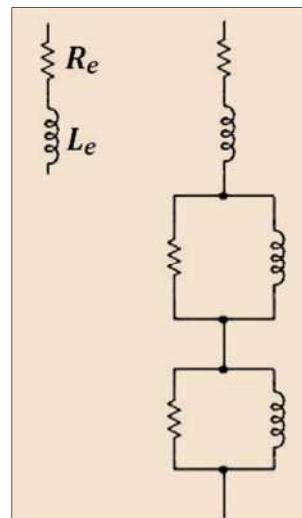
Togliendo la componente resistiva ed applicando la formula, otteniamo che il woofer ha un’induttanza parassita di **1.5 mH** a 2’000 Hz, che diventano **3.4 mH** a 10’000.

Eppure è sempre lui, con la stessa bobina, lo stesso traferro e lo stesso nucleo...

Per spiegarlo bene bisognerebbe introdurre concetti un po’ complicati, ma forse ci possiamo accontentare dei due schemi qui a lato.

Quello in alto a sinistra simula un altoparlante (sopra i 300-400 Hz) con due soli valori, quelli che siamo abituati a leggere sui cataloghi: R_e ed L_e .

A destra, invece, abbiamo uno schema semplificato (pensa un po’...) di quello che dovrebbe essere un woofer reale.



E’ impensabile che un datasheet possa riportare tutti quei valori, ma anche se lo facesse, pochissimi dilettanti sarebbero capaci di interpretarli.

Inoltre, non sarebbe di grande beneficio, perché i nostri crossover non sono così sensibili da richiedere tale perfezione.

Quello che conta, per la nostra rete di Zobel, è ottenere una variazione di impedenza un po’ più gestibile, che produca variazioni limitate a pochi ohm fino a 20’000 Hz, non di 50 Ω in appena mezza banda, come accade con il nostro *Monacor*.

In Elettrotecnica, esistono reti di Zobel per qualunque carico, ma a noi interessa solo questa.

In teoria ce ne sarebbe un’altra; un circuito **R-L-C** che dovrebbe compensare il picco di impedenza sulla frequenza di risonanza.

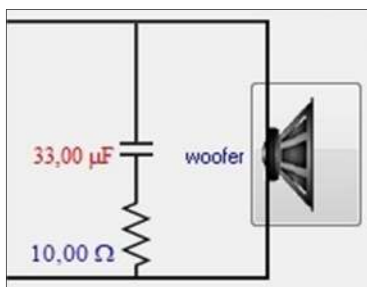
Detta così, qualcuno potrebbe pensare di usarlo sui tweeter, soprattutto su quelli senza ferrofluido che hanno un picco altissimo, ma per esperienza diretta vi consiglio di non farlo.

Ai miei tempi mi occupavo anche delle prove di vita, facendo test che simulavano, in poco tempo, 5-10 anni di normale uso domestico dell’altoparlante.

Ho visto con i miei occhi tweeter da 1100 Hz di risonanza, che dopo le prove scendevano sotto i 900.

Quindi che facciamo?... Lo ricontrolliamo ogni sei mesi e rifacciamo la compensazione ogni volta?

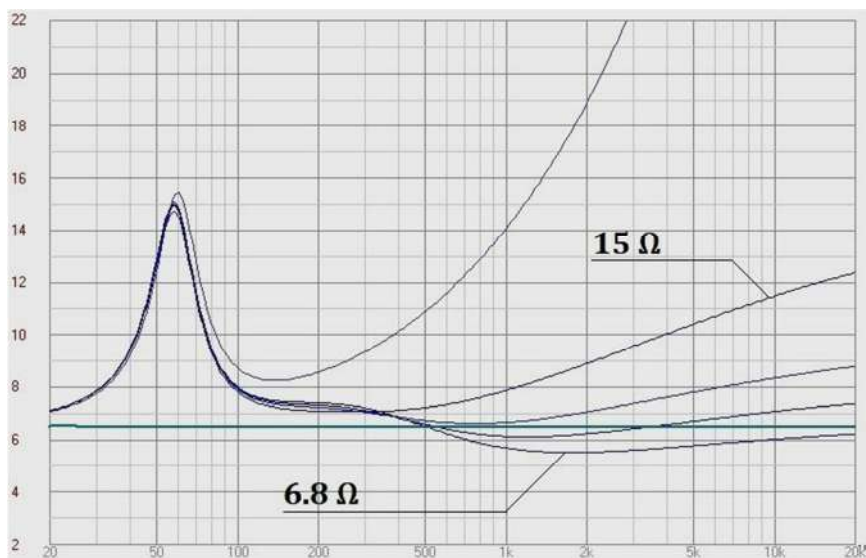
Torniamo al nostro *Monacor* da 200, simulando una rete di Zobel con valori standardizzati.



Considerando l'induttanza dichiarata a catalogo, la formula originale di Zobel chiede due componenti vicini ai valori standard che si trovano in commercio: resistenza da 6.8 Ω e condensatore da 22 µF. Io preferisco tenermi più alto, come nello schema qui a sinistra.

A destra vediamo il risultato. Quei due valori, che ho stabilito arbitrariamente, forniscono un'oscillazione di appena 2 Ω totali, dai 100 Hz in su. Per il crossover è una passeggiata.

Che cosa sarebbe successo, adottando valori un po' diversi? Lo vediamo dai grafici qui sotto, dove ho provato a modificarli.

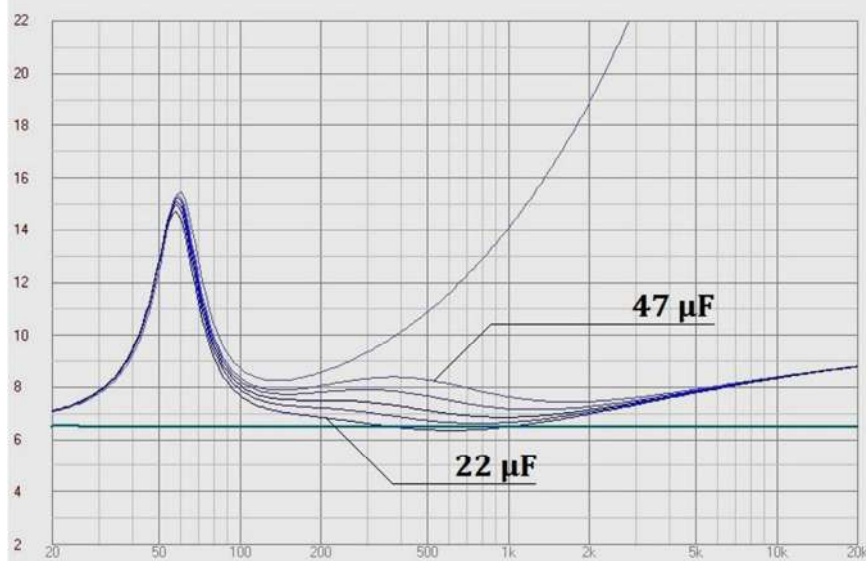


Sullo sfondo, come riferimenti, ho continuato a mantenere:

- 1) la curva di impedenza del **woofer da solo**, senza alcuna compensazione;
- 2) la retta orizzontale azzurra, che indica la sua **componente resistiva**.

Nel primo grafico rimane invariato il condensatore da 33 µF, mentre la resistenza diventa da 6.8 - 8.2 - 10 e addirittura 15 Ω.

Perfino in quest'ultimo caso, messo lì come esempio estremo, la curva impiega fino a 4'000 Hz (il limite estremo di questo woofer) per salire ad appena 10 Ω.



Nel secondo grafico teniamo fissa la resistenza, mentre il condensatore cambia su cinque valori standard: 22 - 27 - 33 - 39 - 47 µF.

Anche questa volta, la curva di impedenza varia di appena 2 Ω, con il massimo scostamento a 400-500 Hz.

La rete di Zobel è quindi il pezzo più facile da progettare. Come dicevamo, su quella si può andare "a braccio".

Se il negoziante, sbagliando, mi vende condensatori da 39 invece che da 33, di sicuro non ci torno indietro.

Per il nostro terzo progetto, ho introdotto una piccola complicazione in più.

Il tweeter *Monacor* da 25, già usato nell'esempio precedente, sarebbe andato benissimo anche con questo woofer; anzi... se dovessi farlo per casa mia, credo che sceglierei lui. Tuttavia, con il ferrofluido è troppo facile; ormai lo sappiamo filtrare a occhi bendati.

Ho quindi scelto questo bellissimo *CIARE* che vedete a destra (**HT263**).

Anche se un po' meno smorzato del *Monacor* (il ferrofluido qui non c'è), presenta una risposta molto simile, ha praticamente la stessa distorsione, pari efficienza e perfino il *CSD* appare somigliante, anche se su quello il *Monacor* è imbattibile.

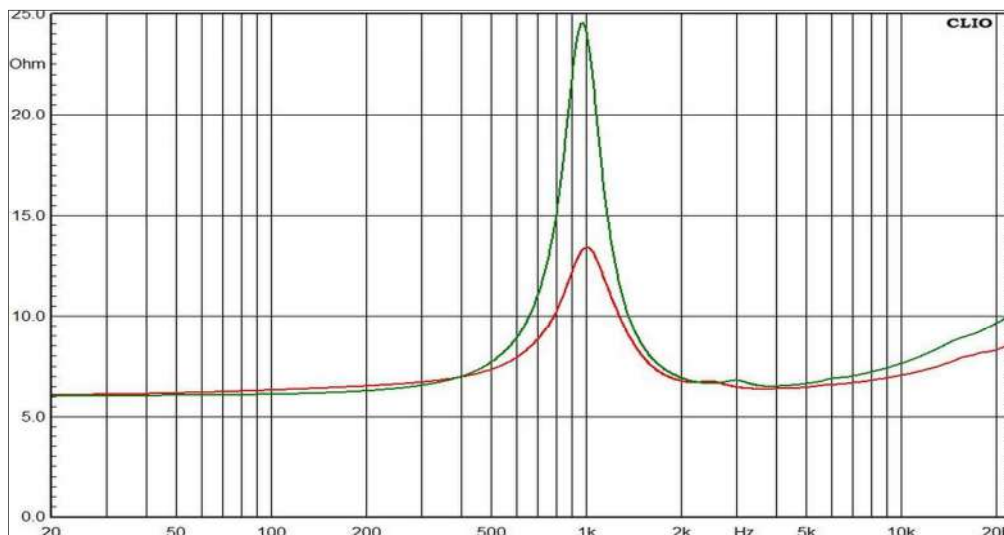


La vera differenza, tra i due, è la curva di impedenza (...e 10 euro in più).

In particolare, dobbiamo osservare gli effetti del ferrofluido sulla frequenza di risonanza (a destra).

Un filtro passa-alto, progettato per il *Monacor*, deve affrontare un picco che arriva solo a 13 Ω.

Con il *CIARE*, invece, saliamo quasi fino a 25 Ω.



Nei grafici a sinistra vediamo gli effetti di quel picco.

Usando gli stessi filtri, uno del 3° ordine e l'altro del 1°, ho modificato il Q_{ms} del tweeter, simulando la presenza del ferrofluido che non c'è.

Ho fatto in modo che l'impedenza del picco arrivasse proprio a 13 Ω, come se fosse il *Monacor*.

In verde scuro abbiamo la risposta del vero *CIARE*.

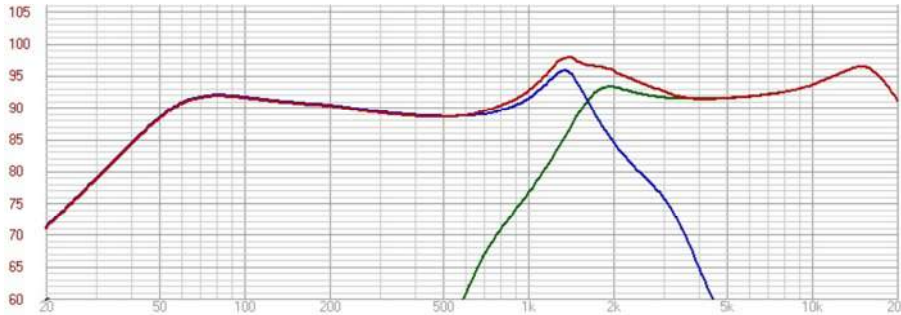
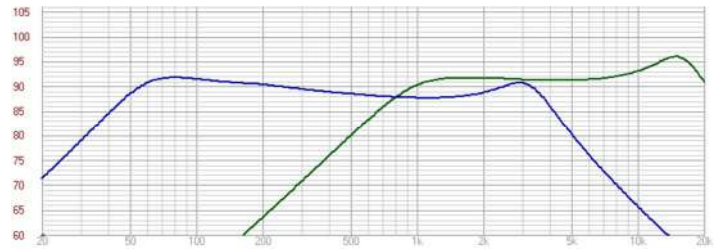
La curva più chiara è quella taroccata, ottenuta simulando la presenza del liquido.

Quali conclusioni possiamo trarre?

- 1) La mancanza di componenti in parallelo, su un passa-alto del 1° ordine, rende questo filtro estremamente sensibile all'impedenza del carico. Si tratta quindi di una soluzione che rende obbligatoria la presenza del ferrofluido, non solo per questioni di potenza, ma anche per regolarizzare la curva di impedenza riducendo il picco.
- 2) La "gobba" che si produrrebbe, a 900-1000 Hz, avrebbe effetti terribili all'ascolto musicale. A quelle frequenze il tweeter è praticamente puntiforme; spara la sua emissione in tutte le direzioni, producendo un forte campo riflesso. Pertanto, in ambiente domestico, quel rinforzo si avverte molto più di quello che appare dal grafico.
- 3) Sulla frequenza di risonanza, il tweeter raggiunge la sua massima sollecitazione meccanica. Se l'escursione non è adeguatamente smorzata, frenata in qualche modo, bastano pochissimi watt per portarlo a distorsioni macroscopiche, inaccettabili. Vi ricordo che siamo all'inizio della zona critica, quella in cui l'orecchio è sensibilissimo.

Adesso siamo pronti per il primo tentativo "difficile": il *Monacor* da 200, senza anello demodulante, abbinato al *CIARE* da 25 senza ferrofluido.

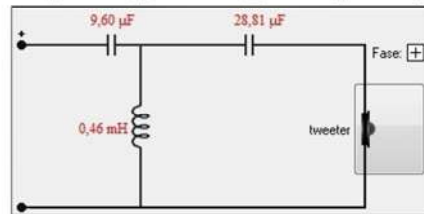
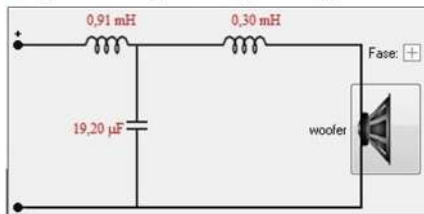
Come di consueto, inseriamo i dati degli altoparlanti, simulando le curve di risposta e di impedenza. Il woofer, questa volta, si ferma poco dopo i 3'000 Hz, ma c'era da aspettarselo con il formato da 8 pollici. Va detto che il break-up è molto contenuto, grazie alla consistente membrana in polipropilene.



Il disastro si verifica quando proviamo il crossover ideale, calcolato su carico resistivo.

Questa volta ho chiesto al simulatore filtri del 3° ordine, sia per la minor estensione del woofer, sia per la mancanza di ferrofluido sul tweeter.

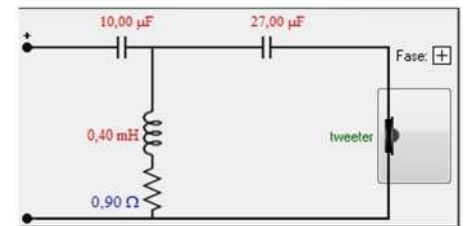
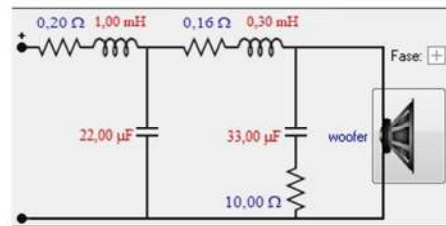
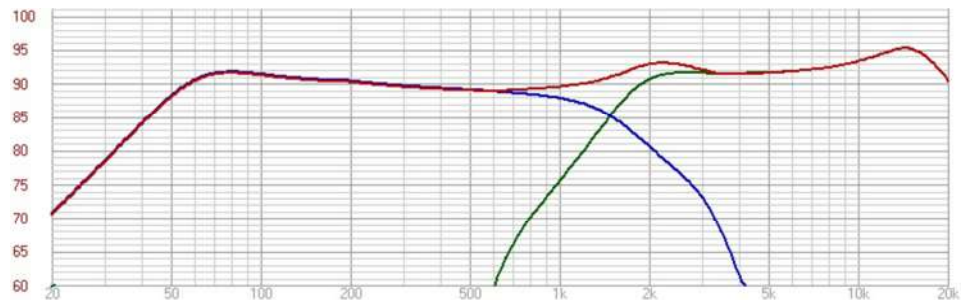
Guardate la forte impennata del passa-basso, dopo i 700 Hz, chiaramente legata all'elevata induttanza parassita.



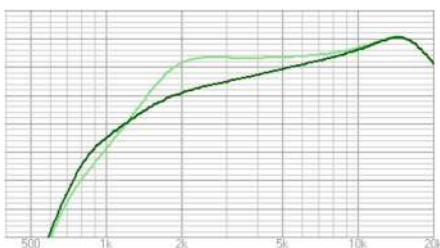
Come al solito, sostituiamo tutto con valori standard, aggiungendo anche le resistenze parassite sulle induttanze.

Questa volta, però, mettiamo anche una **rete di Zobel** sul nostro woofer.

La situazione migliora parecchio, ma la cassa urla ancora troppo. I due altoparlanti, in tutta evidenza, si incrociano con una pendenza eccessiva.



Cominciamo ad aggiustare il passa-alto, ponendoci come obiettivo la risposta qui sotto.



Trattandosi di un 3° ordine, vi invito a verificare da soli l'effetto dei due condensatori, sul vostro simulatore.

Provate a cambiare valore ad uno dei due, poi fate lo stesso sull'altro.

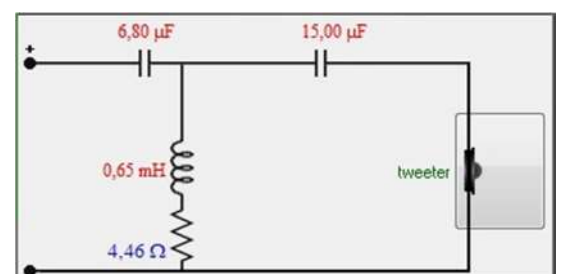
Sappiamo già che l'aumento dell'induttanza produce un effetto smorzante, ma se non bastasse ci possiamo aggiungere una resistenza.

Con questi tentativi, imparerete a capire cosa fa ogni componente.

Alla fine dovrete arrivare ad un risultato simile a questo... →

La resistenza da 4.46 Ω, in realtà, è solo da 3.3.

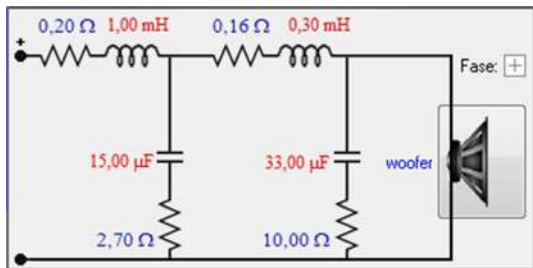
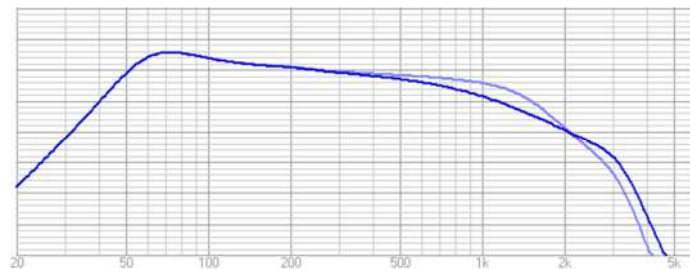
Il restante 1.16 è la componente parassita dell'induttanza.



A questo punto ci occupiamo del passa-basso, che ha bisogno di alleggerire la sua pendenza.

Senza toccare la rete di Zobel, dobbiamo cercare di ottenere la curva qui a destra, o qualcosa di simile.

Anche in questo caso, vi invito a modificare i vari componenti, uno alla volta, per capire come ognuno di essi interviene sulla risposta.



Dopo qualche tentativo, vi accorgete che basta ridurre il valore del condensatore, da 22 a 15 µF, per spostare un po' più avanti la posizione del ginocchio.

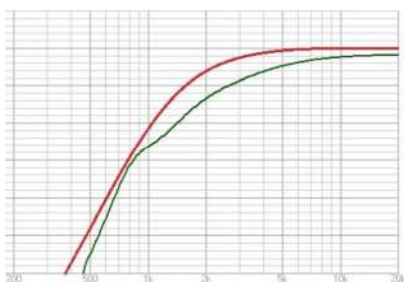
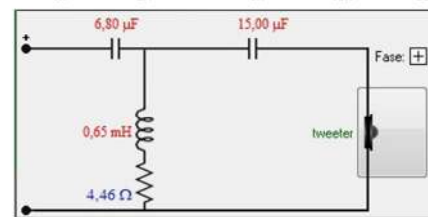
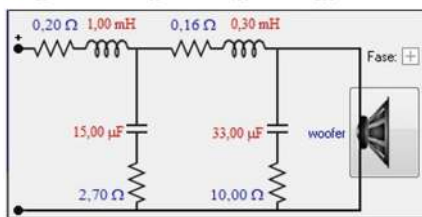
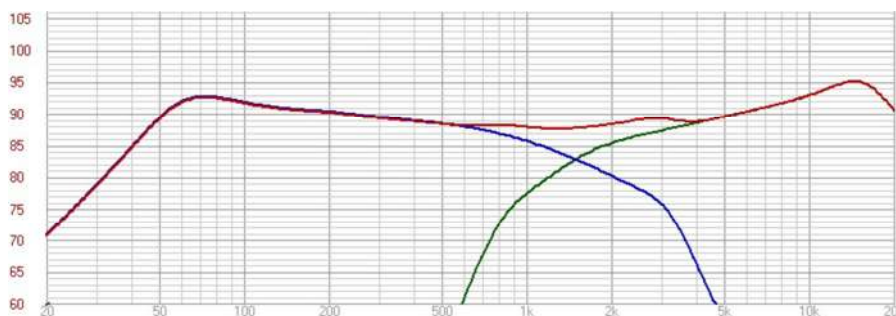
Tuttavia, la risposta diventerà un po' risonante sui 2'000 Hz; sarete quindi costretti a smorzarla, aggiungendo una resistenza da 2.7 Ω in serie al condensatore.

Ecco il risultato finale.

Mettendo insieme le due celle, sembra che il nostro CIARE sia un tantino invadente, in particolare per quel picco dopo i 10'000 Hz.

Una resistenza da 3.3 Ω, posizionata direttamente in serie al tweeter, "spianerebbe" quella salita, portando il picco del tweeter allo stesso livello del woofer sui bassi.

In un ambiente pieno di tappeti, divani e tendaggi, quella risposta in salita potrebbe tornare utile.



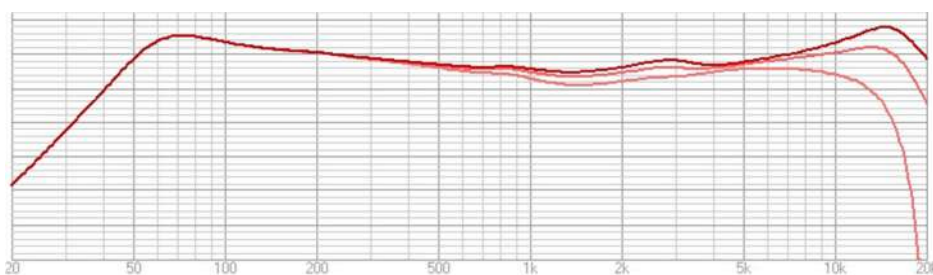
A questo punto, non ci rimane che il solito confronto, tra la risposta del nostro filtro e quella consigliata dall'azienda.

In questo caso, starci dentro è particolarmente importante, perché non abbiamo il ferrofluido a perdonare eventuali eccessi.

Il grafico che ho simulato, qui a sinistra, prevede una resistenza da 1.5 Ω in serie al tweeter, per una parziale attenuazione.

Le due curve hanno un punto di "quasi contatto" intorno agli 800 Hz, per gli effetti causati dal picco di impedenza sulla frequenza di risonanza. Tuttavia, in quella zona siamo sotto di 15 dB; significa che il tweeter riceve circa 1/30 (un trentesimo!) della potenza nominale.

La risposta fuori asse, a 30° e poi a 60°, mostra uno scostamento massimo di 2 dB, per circa due ottave sulla zona dell'incrocio. Un risultato del tutto accettabile, anzi ottimo, considerando la differenza tra le superfici radianti.



Inoltre, non dimenticate che abbiamo dovuto affrontare diversi problemi: il tweeter senza ferrofluido, la limitata estensione del woofer e l'elevata induttanza di una bobina da 36.

Ora, ragazzi ... non so voi, ma io non assomiglio affatto a Tom Cruise. Questo può essere un problema, perché potremmo aver bisogno di **Ethan Hunt** e di tutta la sua squadra, nel nostro prossimo progetto...



Stiamo infatti per affrontare una “*missione impossibile*”: tenteremo di realizzare un sistema a **due vie** con un woofer da **250**!

In questo caso, la difficoltà principale non è nel progettare il crossover, ma nel trovare gli altoparlanti giusti.

Generalmente, il formato da 10 pollici è destinato a fare solo “*bum-bum*”; nella maggior parte dei casi viene utilizzato come subwoofer, o comunque filtrato sui 200-300 Hz.

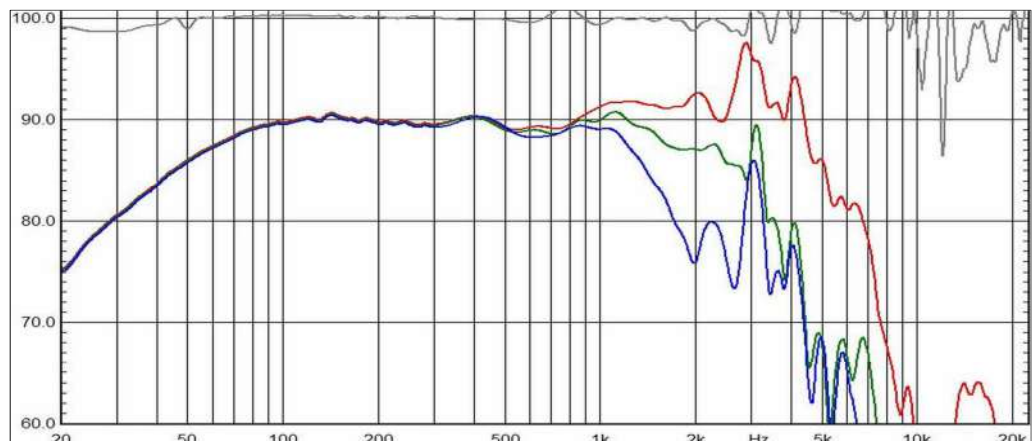
È rarissimo che qualcuno lo impieghi in un due vie, per una serie di motivi che andiamo ad elencare...

- 1) E' necessario incrociarlo a 1400-1500 Hz, qualunque sia il materiale della membrana. A 1700 è già troppo tardi, perché la sua direttività diventa inaccettabile. Ricordate la nostra regola?... Lunghezza d'onda → diametro di emissione.
- 2) Difficilmente le aziende investono soldi, tempo e cervelli, per ottenere una risposta decente in gamma media, su un formato da 10 pollici che quasi nessuno usa a quelle frequenze. C'è pochissimo mercato... Ho dovuto scartabellare tra quasi 30 modelli, per trovarne appena tre adatti al nostro scopo. Solo il *Visaton* qui a destra ha un prezzo “da principianti”; gli altri due costano 130 e 170 euro.
- 3) L'efficienza è di solito molto alta, su un woofer di quelle dimensioni. Sotto i 90 dB non si scende quasi mai; per contro, può capitare di arrivare a 92-93. Abbiamo già visto che questo è un problema per la tenuta del tweeter, che senza attenuazioni deve reggere tutta la potenza che gli arriva. Se poi ci aggiungiamo un incrocio a 1500... diventa difficile anche trovare il tweeter giusto.
- 4) I diffusori saranno molto ingombranti. Parliamo di 70-80 litri ciascuno, pressappoco. Finché ci faccio un subwoofer, ho una certa elasticità di posizionamento. Ma il due vie impone una collocazione adeguata; non è che posso nascondere le casse dietro un divano, come farei con il sub.
- 5) Questa volta, il polipropilene non ci aiuta. Con i normali spessori non si può andare oltre il formato da 8 pollici, altrimenti si potrebbero formare dei break-up addirittura sotto i 1'000 Hz. Aumentando la consistenza della membrana, su un woofer così grosso, la massa mobile verrebbe incrementata in modo inaccettabile, portando l'efficienza ai livelli di un 130. Dato che le fibre (carbonio, vetro, Kevlar) ce le fanno pagare quanto una serata al *Billionaire*, dobbiamo arrangiarci con la buona vecchia carta, al massimo smorzata con il trattamento.



Il *Visaton* che vi propongo, in questo prossimo esempio, si chiama **W 250 S** ed offre le curve di risposta qui a destra.

Se vi sembra brutto, provate voi a trovare qualcosa di meglio, con poco più di 70 €. Ma vi avverto che non sarà facile, nemmeno spendendo il doppio.



Per quanto riguarda il tweeter, quello che sappiamo è che dovrà subire sollecitazioni poco comuni.

- Non solo dovrà incrociare il woofer a 1500 o anche meno, ma intorno all'incrocio scenderà con una pendenza molto bassa, per compensare la direttività del 250 che avrà già cominciato a manifestarsi.

- In abbinamento avrà un bestione che regge 100-150 W, grazie alla sua bobina da 38.

Inoltre, produce un *SPL* di 90-91 dB; quindi non possiamo farci aiutare dalla resistenza di attenuazione.

- Infine, vi ricordo che il tweeter non deve soltanto reggere senza rompersi.

Noi pretendiamo che non vada mai in distorsione, che suoni come se fosse una passeggiata.



Adesso pensate pure che sono fissato, ma in queste condizioni estreme...

...io mi fido solo di **LUI**: il **D-28** di Skaaning.

Quel monumento all'elettroacustica, di 40 anni fa, oggi è arrivato alla sua ennesima versione con il nome di **Morel CAT 308**; lo vedete qui a sinistra.

D'accordo, non costa 30 euro come quelli visti in precedenza, ma non c'è altro modo per mettere un woofer da 250 in un sistema a due vie.

Lo dimostreremo tra poco.

Esistono altri prodotti, adatti al nostro scopo, ma i loro prezzi vanno sempre a tre cifre; questo *Morel* vi chiede 70-80 euro ed ha tutto ciò che ci serve.

La prima cosa da notare, quindi, è la difficoltà di trovare gli altoparlanti adatti per questa combinazione. Si tratta di un abbinamento innaturale, che vi mostro solo a scopo propedeutico.

Ricordando la chiacchierata n° 13, qualcuno potrebbe obiettare che le carriere di **Skaaning** e **Lian** iniziarono con questa cassa qui a destra, che guardacaso monta proprio un woofer da 250... in un sistema a due vie.

Tuttavia, a quell'epoca nessuno pretendeva le prestazioni acustiche di oggi, in gamma media; inoltre, Skaaning e Lian avevano probabilmente già intuito il problema, perché adottarono un tweeter **da 38 (trentotto!!)**, nonostante le ovvie limitazioni che questo avrebbe avuto sull'estremo acuto.



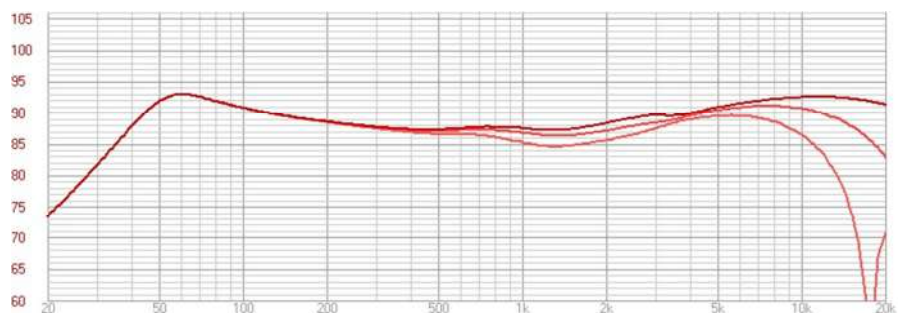
Infine, vi ricordo che quei due si facevano gli altoparlanti secondo le loro esigenze; non avevano bisogno di cercarsi sui cataloghi, come facciamo noi, considerando che quello costa 70 euro, quell'altro 120, quell'altro 150...

Visto che siamo arrivati all'ultimo esempio, quello più estremo, questa volta non vi dico come ho ottenuto il risultato finale. Ve lo mostro e basta.

Ormai conoscete bene la trafila: carico resistivo, valori standard, resistenze parassite, frequenza d'incrocio, smorza quello, attenua quell'altro... Quindi lascio a voi l'incarico di capire come ci sono arrivato.

Sulla risposta fuori asse, meglio di così non sono riuscito a fare...

Lo scostamento tra le curve, nella zona dell'incrocio, è un tantino più allargato rispetto agli esempi precedenti; ma già così, l'incrocio acustico avviene a 1500 Hz.



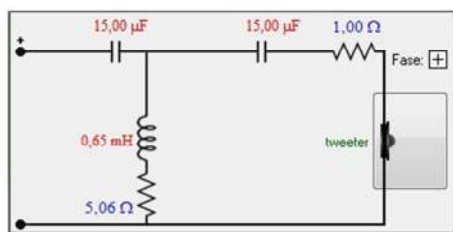
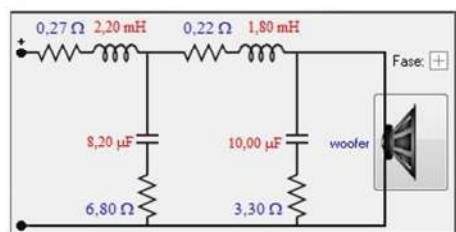
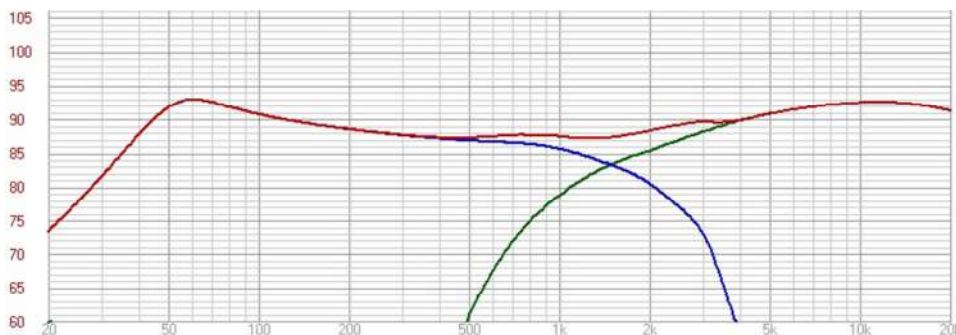
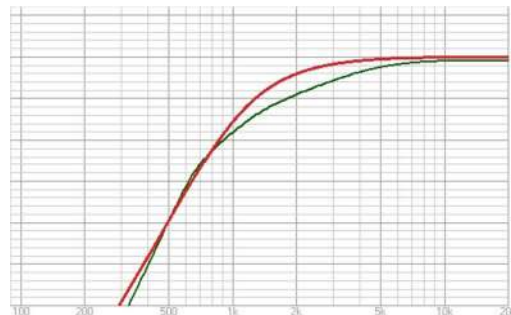
Nonostante la potenza estrema di questo tweeter, non me la sento di sollecitarlo più di così.

Non dimenticate l'amplificatore... Questa non è una cassa per un piccolo ambiente; un woofer da 250 con bobina da 38 vi consente di dare una festa in giardino, oppure di sonorizzare un ristorante.

Anche in questo caso mi sono fatto aiutare dall'effetto *loudness*, ma stavolta non è per motivi acustici. Questa sarebbe comunque una cassa di notevole impatto, anche se gli dessimo una risposta all'inglese.

In questo caso, quell'attenuazione in gamma media serve a proteggere il tweeter, togliendogli qualche dB nella zona più critica. Nonostante questo, osservate il confronto a destra, tra il nostro filtro e quello consigliato da *Morel*: **siamo veramente al limite**.

A questo punto, vi mostro il grafico completo e le celle di filtraggio. Vi chiedo di cominciare da capo e tentare di rifarlo da soli, senza le mie spiegazioni, per vedere se giungete a qualcosa di simile.



La speranza è che alcuni di voi riescano ad ottenere un risultato migliore del mio; per me sarebbe una enorme soddisfazione. Per questo motivo, prima che cominciate, vi chiedo ancora qualche minuto per alcuni suggerimenti.

- Non dimenticate mai di aggiungere le resistenze parassite, su tutte le induttanze del circuito.

- La resistenza di smorzamento, sul passa-alto, è da 3.9 Ω . Ho scritto "5.06" per simulare anche la componente parassita dell'induttanza (1.16).

- L'ultimo ramo del passa-basso **NON È** una rete di Zobel; questo è **davvero** un filtro del 4° ordine. Questa volta, sfruttiamo l'induttanza del woofer a nostro vantaggio: l'impedenza in salita ci aiuta a ridurre la pendenza, tra 1'000 e 2'000 Hz.

- La risposta sarebbe migliore se sul woofer ci fossero due induttanze uguali, da 2 mH, ma questa combinazione (2.2 + 1.8), mi permette un leggero alleggerimento delle resistenze parassite.

Prima di concludere, vi ricordo che quest'ultimo esempio è **esclusivamente** propedeutico.

Anche gli altri lo erano, ma se qualcuno ci si volesse realizzare due casse per casa sua, non ho alcun motivo per dirgli di non farlo. In questo caso, invece, ne ho da vendere.



Innanzitutto, questi woofer vi costringeranno a 80-90 litri di caricamento reflex, come le due casse qui a sinistra; non so quanti hanno la possibilità di collocarle in salotto.

Inoltre, per una potenza che in casa non vi servirà mai, otterrete una decente gamma media solo mandando al limite entrambi gli altoparlanti.

Infine, spenderete un sacco di soldi rispetto agli altri esempi; vi serviranno quasi 400 euro, solo per altoparlanti e filtri. Ricordate che il progetto n° 2 era interamente realizzabile con poco più di 200, tutto compreso.

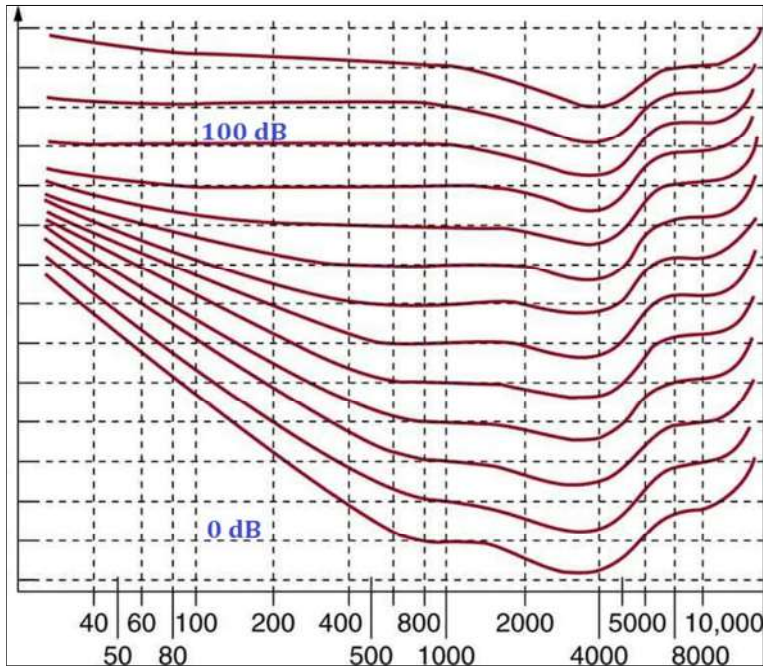
A questo punto siamo arrivati alla decima pagina, ma prima di salutarvi vorrei spendere qualche parola sull'effetto *loudness*, che in questi quattro esempi abbiamo usato a piene mani.

Già ai miei tempi, i puristi lo consideravano un trucco per vendere le casse agli sprovveduti, una trovata commerciale mirata a colpire *"quelli che ci cascano, gente che di Hi-Fi non capisce nulla"*.

Generalmente, si trattava degli stessi "esperti" che buttavano mezzo stipendio in prodotti come questo a destra, dimostrando quanto ne capissero loro...
...ma i polli erano gli altri, quelli che si facevano fregare dal *loudness*.



Qui cercheremo di essere un po' più tecnici, scientifici e pragmatici, a cominciare dal grafico qui sotto.



Fin dall'inizio, il termine *loudness* è rimasto sempre in inglese; la sua traduzione letterale sarebbe "sonorità", "rumorosità", "frastuono". All'inizio degli anni '90, qualcuno inventò una definizione in italiano che trovai efficacissima: *"compensatore fisiologico"*.

Qui a sinistra, vediamo come varia la sensibilità dell'orecchio umano, in funzione della pressione acustica.

Più alziamo il volume, più il nostro udito diventa lineare. Quando invece vogliamo creare un sottofondo, con potenze molto basse, sentiamo solo la gamma media.

Ecco a cosa serve il *loudness*. Ed ecco perché produce una **compensazione fisiologica**.

In buona sostanza, è vero che si tratta di una fregatura... ma per l'orecchio!

Esaltando gli estremi banda, a scapito delle frequenze medie, gli facciamo credere di ascoltare musica a volume molto più alto di quello reale; il suono ci appare quindi più coinvolgente, più realistico, avvicinandosi a quello che percepiremmo nel teatro qui a destra.



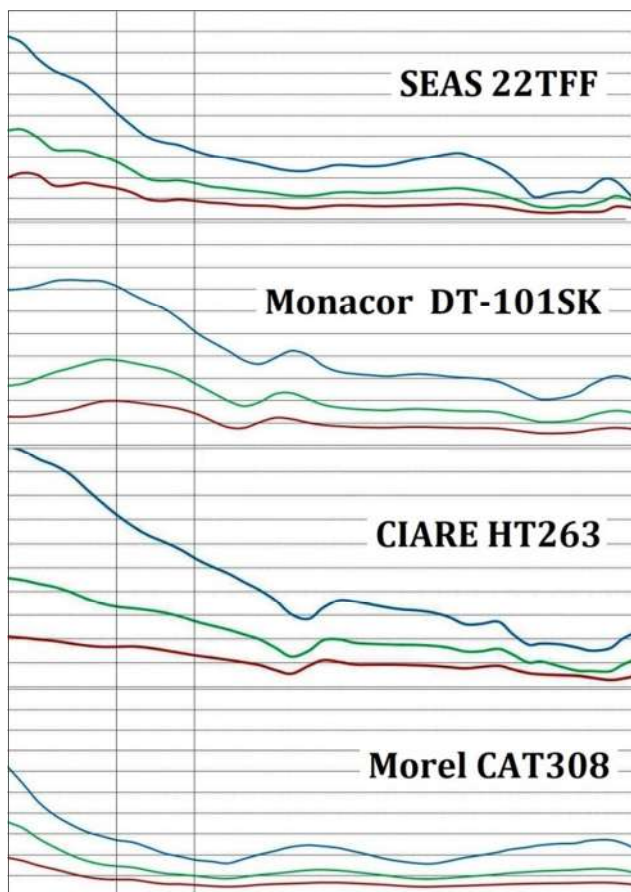
Nel 1986, La *London Symphony Orchestra* fu sottoposta ad alcune rilevazioni audiometriche, mentre si esibiva in un normale concerto di musica classica. Beh... Durante l'esecuzione di *"Also Sprach Zarathustra"*, il pieno orchestrale raggiunse la potenza di **36.4** watt acustici.

Noi sappiamo che i nostri altoparlanti hanno un'efficienza intorno a 0.5-0.7%, che scende sotto 0.4 quando ci mettiamo il crossover. Volendo riprodurre quell'orchestra artificialmente, facendo due conti a braccio, ci servirebbero 150-200 casse pilotate da circa 10'000 W di amplificazione complessiva.

A questo punto, abbiamo la risposta pronta da dare all'altezzoso purista, quando esprime la sua contestazione più comune:

- *Quando ascolto un'orchestra in un teatro mi sento scosso da brividi, per le emozioni che ricevo da quei suoni, così spettacolari e coinvolgenti... E lì dentro non ce l'ho, il loudness!*
- *È vero... non ce l'hai... ma non hai nemmeno la manopola del volume.*

L'esaltazione degli estremi banda, oltre ad essere ampiamente giustificabile per compensare i limiti dell'orecchio, produce un ulteriore vantaggio: la forte riduzione della **distorsione armonica**.



I grafici qui a sinistra ci mostrano come cambia la THD (*Total Harmonic Distortion*), sui quattro tweeter usati negli esempi precedenti.

Le linee verticali sono due riferimenti: 1000 e 2000 Hz.

I tre colori distinguono la diversa sollecitazione subita dal tweeter, a 90 dB (**rosso**), 96 (**verde**) e 102 (**azzurro**).

Quando si scende di frequenza, arrivando vicino ai 2000 Hz, tutti vanno in affanno tranne il *Morel*...

...Infatti lo avevamo scelto apposta, vista la sollecitazione a cui lo avremmo sottoposto.

Introducendo un effetto *loudness*, che togliesse 4-5 dB alla gamma media, avremmo effetti formidabili sulla distorsione del tweeter, che suonerebbe senza sforzo anche alzando il volume.

Non si tratta solo di proteggerlo da guasti tecnici; qui non siamo nel car-stereo, dove "*basta che regge*". Noi non ci accontentiamo che sopporti la potenza necessaria senza bruciare la bobina, ma pretendiamo anche che suoni indistorto, gradevole all'ascolto.

Infatti, l'eventuale distorsione del tweeter produce effetti ben diversi rispetto a quella del woofer.

Sui bassi, il vero problema è l'intermodulazione... ne abbiamo già parlato e ne ripareremo.

Un colpo di grancassa, a 80-90 Hz, non produce una distorsione armonica percepibile, perché a quelle frequenze il nostro orecchio non si accorge di nulla. Lo sentiamo di più con lo stomaco.

Tra i 1000 e i 2000 Hz, invece, siamo già entrati nella zona di massima sensibilità dell'udito; una distorsione di terza armonica, anche piccola, ci procura un certo fastidio, una smorfia di disapprovazione.



Nella prossima chiacchierata approfondiremo questi concetti, cominciando a parlare di sistemi a **tre vie**.

Abbiamo visto che oggi, dopo le varie evoluzioni degli anni '80, una semplice cassa a due vie riesce a soddisfare le esigenze di qualunque ambiente domestico...

...Ma considerando solo la **risposta**, in asse o fuori asse.

Non abbiamo mai parlato delle distorsioni.

Sono proprio quelle, che potrebbero indurci ad un maggiore dispendio di tempo, di soldi e di impegno, per passare al tre vie.

Alla prossima!

22 giugno 2021


(Robert Romiti)