

Chiacchierate sull'elettroacustica

14 – Filtri crossover – Primi passi nel progetto

Nella chiacchierata precedente, abbiamo visto alcune idee che hanno portato all'evoluzione dei crossover, fino a quella che risulta più versatile e probabilmente più adatta ai dilettanti: la doppia pendenza.

Qualcuno potrebbe pensare che il principiante si trovi meglio con filtri a 6 dB/oct, perché formati soltanto da due componenti, ma non è affatto così.

Non è un caso che il filtro del 1° ordine, in tutta la storia dell'elettroacustica, sia stato adottato con successo solo da chi usava prodotti *Scan-Speak*, *SEAS* e *Dynaudio* (poi *Morel*), nel mio caso anche *Focal*.



- Il **tweeter** deve avere un'eccellente tenuta in potenza, tipo quello a sinistra.

Non è sufficiente che non si rompa, deve anche suonare senza distorsioni apprezzabili, anche se sollecitato su frequenze sotto i 1000 Hz.

Il ferrofluido è una soluzione obbligata, non solo per la potenza, ma anche per attenuare il picco di impedenza alla frequenza di risonanza.

Vedremo più avanti cosa succede con il 1° ordine, quanto il liquido non c'è.

- Il **woofer** dovrebbe estendersi fino a 5-6000 Hz o più, ma senza break-up vistosi.

È piuttosto facile con il *SEAS* della *Minima*, perché con il formato da 4 pollici sono capaci tutti, ma provateci con un woofer da 200...

Inoltre, la curva di impedenza deve essere lineare il più possibile, altrimenti bisogna compensarla con una rete di Zobel (che vedremo più avanti).

I woofer di fascia alta, come questo a destra, hanno spesso un anello demodulante intorno al nucleo, che riduce l'induttanza parassita; ma è una soluzione piuttosto rara tra i prodotti economici.



In altre parole, anche mia zia saprebbe andare a 6 dB, con i due prodotti illustrati in foto.

Anzi... disponendo di quei capolavori, sarebbe addirittura sbagliato filtrarli in modo diverso.

Il vero problema è che il tweeter si chiama *Morel* ed il woofer si chiama *Scan-Speak*; quanti principianti sborseranno 160 euro per il primo e 200 per il secondo?

D'accordo, non è detto che il principiante sia un adolescente con la paghetta; e non è detto che si costruisca le casse solo per risparmiare. Magari si tratta di un adulto, che forse dispone di un reddito significativo; forse se le progetta soltanto per soddisfazione personale...

Ma sentendosi inesperto, è la sua stessa **insicurezza** che gli impedisce di spendere cifre importanti.

- *Oddio... ne sarò capace?... E se mi viene uno schifo?*

- *Sbagliando un condensatore o un collegamento, magari faccio fuori il tweeter...*

- *Se brucio un Ciare da 30 euro, pazienza... ma con un SEAS da 120, mi girano le palle!*

Il giovane elettroacustico, nella sua fase embrionale, è sempre pieno di incertezze; ci sono passati tutti. Anche quelli tra voi che in seguito diventeranno degli Skaaning o dei Bose.

Ma c'è un altro motivo per cui non si usano i prodotti *SEAS* o *Scan-Speak*, alla prima cassa: anche se puoi pagare quei prezzi, dovresti rinunciare al "paracadute" che ti salva la reputazione, se dovesse andar male.

Mi spiego meglio...

Gli altoparlanti che vedete a lato costano 45 euro in due.

Se la cassa suona male, posso sempre dare la colpa a loro:

- *Cosa pretendevi, con quella robaccia da due soldi?...*

Se invece c'è scritto *Morel*, sono fregato... Non ho scuse.



Nelle prossime pagine, progetteremo insieme 4 crossover di esempio, basati su diversi formati di woofer: il **130** mm (5 pollici), il **165** (6 pollici), il **200** (8 pollici) ed il **250** (10 pollici).



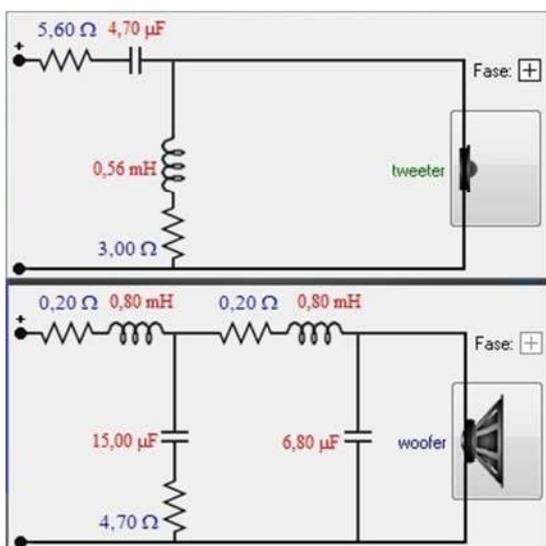
Con tutte le combinazioni cercheremo di ottenere un risultato di qualità eccellente, ma spendendo cifre così basse che ci lasceranno stupefatti, a lavoro finito.

Vedremo come ogni volta ci siano esigenze e problemi differenti, a cui ci dovremo adattare con il crossover. Il faro che deve guidarci è sempre quello: evitare la “cassa che urla”. Non deve mai esserci una transizione troppo repentina, tra due superfici radianti molto diverse.

Quelle che leggerete non sono combinazioni “consigliate”, non sono qui per progettarvi le casse; il mio scopo è quello di indicarvi una strada, poi dovrete essere voi a percorrerla.

Ciò nonostante, i risultati che otterremo saranno tali da indurre qualcuno all’emulazione; quelli tra voi particolarmente incerti, timorosi, o semplicemente pigri, potrebbero decidere di copiare spudoratamente quello che ho fatto io, saltando direttamente allo schema elettrico, senza nemmeno leggere come si arriva a quelle scelte... Ed è **SBAGLIATO!!** Se lo farete, non sarete mai degli elettroacustici, nemmeno dilettanti.

Non ho né il potere, né il desiderio di impedirvi di “copiare”, ovvero di adottare le mie soluzioni; ma è importante che lo facciate dopo aver **letto e capito**. È questo, che vi chiedo.



Di fronte al circuito qui a sinistra, dovrete sapere a cosa serve ogni componente, essere in grado di apportare modifiche, adattarlo ad esigenze particolari e finanche saper sostituire un altoparlante con altro modello simile, modificando tutti i valori necessari.

A quel punto, anche se deciderete di copiare il mio, non avrà più molta importanza; l’obiettivo sarà stato raggiunto.

“Dai un pesce ad un uomo e l’hai sfamato per un giorno, insegnagli a pescare e l’hai sfamato per sempre.” (Confucio)

Tra i vari software di simulazione, disponibili in rete, voi potete scegliere quello che vi pare, ma io no.

Qui non sto cercando semplicemente di progettare un diffusore, ma di scrivere un articolo che poi verrà pubblicato.

Sono quindi legato ad alcune esigenze di grafica, che mi portano a scegliere il **Cross-PC**.

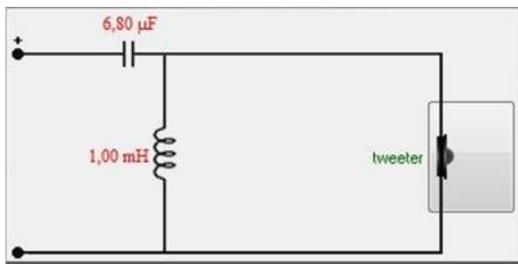
Come ho già detto in passato, io stesso ho tre simulatori diversi, installati sul mio computer, quindi non intendo reclamizzare nessuno.

Anzi... se devo essere sincero, il **Cross-PC** è piuttosto limitato e presenta diversi bug; comunque il suo dovere lo fa, anche perché la matematica è uguale per tutti... Non mi credete?

Quando ero del mestiere, disponevo di un software professionale prodotto dal MIT di Boston; lo avevamo ordinato direttamente in Massachusetts e pagato a caro prezzo.

L’ho confrontato più volte con il **Cross-PC**, che già esisteva in versione per MS-DOS...

...**Uguale!!!** Ogni volta che trovo differenze, ero sempre io che avevo sbagliato qualcosa.



Cominciamo dallo **smorzamento**, sviluppando un argomento solo accennato nella puntata precedente.

Qui a destra vedete un passa-alto del 2° ordine, con due valori che ho impostato io per ottenere un **Butterworth**.

Il tweeter, per adesso, lo consideriamo ideale: risposta lineare, estensione infinita ed impedenza resistiva.

Come mia abitudine, non vi seppellirò di formule matematiche; siamo qui per chiacchierare.

Tuttavia, dovete sapere che la frequenza di taglio dipende dal **prodotto** di quei due valori: $L \times C$.

- Ma allora... visto che le induttanze costano un sacco di soldi, posso risparmiare mettendocene una molto piccola, poi compenso con un condensatore maggiorato.

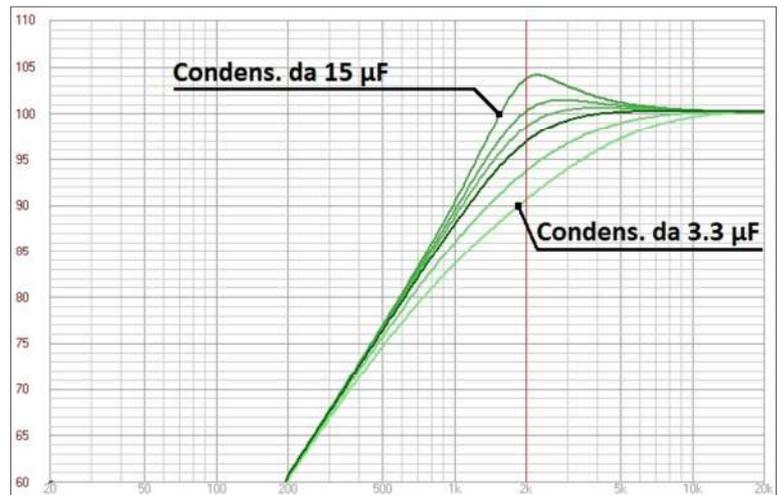
Purtroppo non è così; anzi, di solito è il contrario.

Il fascio di curve qui a destra mostra quello che succede modificando quei valori, mantenendo costante il prodotto LC .

Ho simulato quelle curve con 6 condensatori di valore standard: 3.3 - 4.7 - 6.8 - 8.2 - 10 - 15 μF .

Ogni volta, ho ridotto il valore dell'induttanza esattamente in proporzione.

La frequenza di taglio rimane sempre a 2000 Hz, ma ora possiamo capire chiaramente come cambia lo smorzamento.



Sul passa-basso, i componenti sono invertiti di posizione, ma la sostanza non cambia. Vi risparmio un secondo grafico, ma potete ottenerlo facilmente con qualunque simulatore.

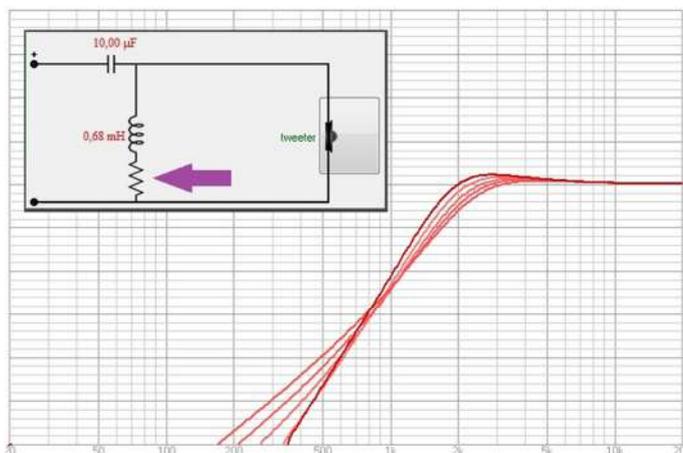
Anche sul woofer, l'induttanza è sempre smorzante, il condensatore è sempre risonante.

Quella che vi ho mostrato è la spiegazione "scolastica", quella che si trova sui libri di testo, ma di solito non è sufficiente nel progetto dei nostri crossover. Come dicevo, il grafico mostra un tweeter **ideale**...

I nostri altoparlanti, invece, non sono mai delle semplici resistenze.

- Sul tweeter, l'intervento del crossover incontra abbastanza presto la frequenza di risonanza, con un picco d'impedenza che può arrivare anche a 15 Ω ; senza ferrofluido si va quasi sempre sui 25-30.

- Sul woofer, l'impedenza presenta una salita continua, dovuta all'induttanza parassita, che spesso diventa significativa proprio nella zona dell'incrocio.



Pertanto, oltre a combinare bene i valori di L e C , spesso bisogna aggiungere il "trucco del mestiere" qui a sinistra: una resistenza aggiuntiva sul componente in parallelo, che ne parzializza l'effetto.

Ho simulato un filtro risonante, producendo la curva scura che vedete più in alto. Poi ho dato a quella resistenza valori crescenti: 1 - 2.2 - 3.3 - 4.7 Ω . Riducendo l'intervento dell'induttanza, il filtro si avvicina sempre più ad un 6 dB/oct, lasciando il condensatore sempre più da solo.

Del resto, è ovvio che una resistenza infinita (taglio del filo), renderebbe inutile il componente in parallelo, che non interverrebbe più in alcun modo. Il filtro diventerebbe del 1° ordine a tutti gli effetti.

Combinando i due metodi, possiamo smorzare la risposta come vogliamo.

Prima combinazione: woofer da 130 e tweeter da 19.

Sappiamo tutti che una cupola da 19, mediamente, regge meno potenza di una da 25 (o 28), a causa della bobina più piccola e leggera. Generalmente, anche la sua estensione in basso è più limitata. Questo ci porta a filtrarlo più in alto, tirando su il woofer fino a 3000-3500 Hz. È quindi molto comune l'abbinamento con il 130; un woofer più grosso diventerebbe troppo direttivo...

Con questo progetto, dimostreremo che non è solo per quello; ci sono altri motivi per scegliere il 130.



Quello che vedete a sinistra è un piccolo woofer della *SB Acoustics* (**SB13PFC25-08**). Costa appena 25 euro, ma è fatto piuttosto bene.

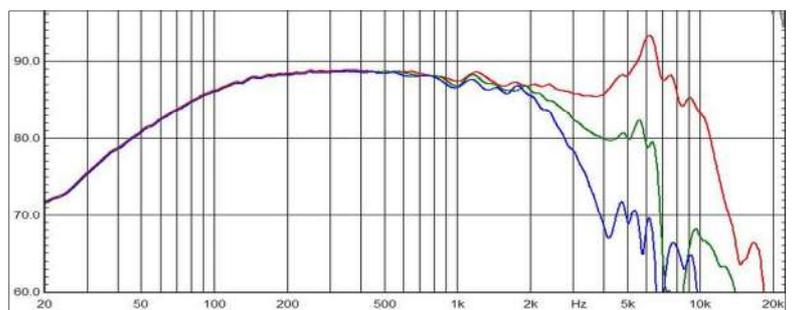
La risposta si estende lineare fino a 4'000 Hz; poi, la sua membrana in carta ci fa un brutto scherzo, producendo un vistoso break-up centrato sui 6'000. (Vedi sotto)

Con il formato da 130, pendenze e smorzamenti sono meno importanti del solito. Le curve fuori asse sono infatti sovrapposte fino a 2000 Hz.

L'unica fregatura è quel brutto break-up. Per tagliarlo via, saremo costretti a buttarci su un filtro del 4° ordine. (*Oddio!... QUARTO???*)

In realtà, esiste un *FAITAL* dello stesso prezzo, che non presenta quel vistoso picco e ci renderebbe le cose molto più facili.

Ma poi... dove sarebbe il divertimento?

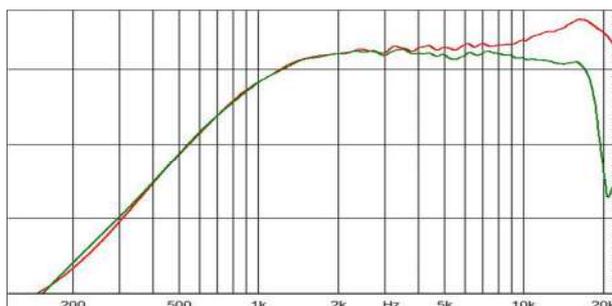


Facciamo così... lo continuo con quello difficile; il *FAITAL* lo lascio a voi come esercizio. Ve lo mostro qui a sinistra, si chiama **5FE120-8**.

Se volete usarlo davvero, state attenti perché ha un'efficienza molto alta; 90 dB è un valore del tutto anomalo per questo formato. Vedremo più avanti come questo possa diventare un problema, per la tenuta del tweeter e la sua conseguente distorsione.

A proposito del tweeter... qui c'è poco da scegliere: oggi ce n'è praticamente uno solo. Nel formato da 19, i prezzi partono da 30-35 euro; al di sotto troviamo roba da usare come sorpresa nell'uovo di Pasqua.

Quello a destra ne costa 40 (*SEAS 22TFF*), siamo quindi nella fascia più economica. Nonostante questo, offre la risposta più lineare che abbia mai visto, la migliore CSD della sua categoria, un'estensione in basso pari a quella di un 25, una distorsione che vediamo su prodotti di prezzo doppio, un'efficienza mai vista in un 19... ..e in più si chiama "SEAS", per chi fosse sensibile al prestigio del marchio.



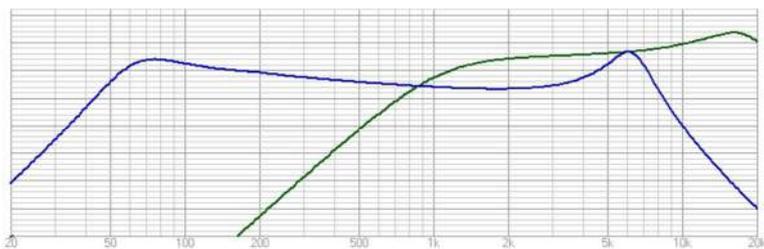
Insomma, se gli altri non si inventano qualcosa, questo capolavoro è destinato ad ammazzare il mercato. Non ho ancora capito come possa avere quel prezzo.

Per chi apprezza il titanio e l'alluminio, la stessa *SEAS* offre anche la versione metallica.

Costa pochi euro in più ed ha qualche problemino, sia sulla distorsione che sul CSD, ma se proprio vi piace...

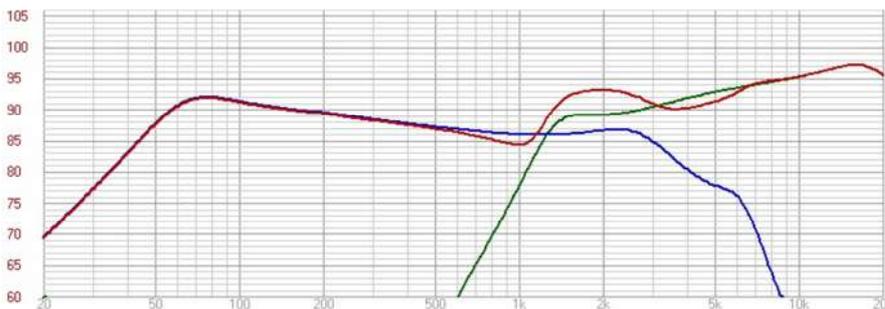
Con un 19 come questo, potremmo superare l'obbligo di abbinarlo al 130. Con un po' di esperienza, sapendo scegliere il woofer e adottando qualche truccetto, si potrebbe tentare l'abbinamento con un 165. So di qualcuno che lo ha provato anche con il 200, ma personalmente non lo farei...

Per prima cosa, introduciamo nel nostro simulatore alcuni dati sugli altoparlanti, riproducendo le curve di risposta e di impedenza nel modo più fedele possibile.

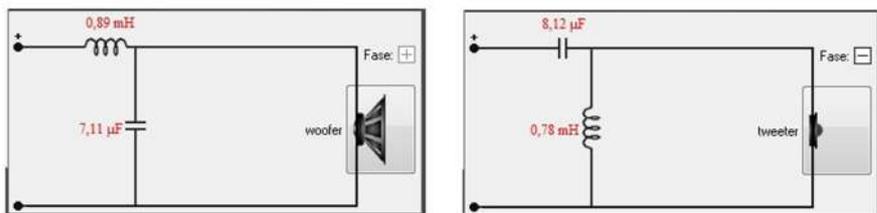


In questo caso, i bassi sotto i 100 Hz sono un po' esagerati, perché avevo simulato (per gioco) un caricamento *Chebyshev* con 20 litri di cassa. È un volume enorme per un 130, ma anche con casse più piccole, fino a 90 dB ci si arriva con relativa facilità.

Come primo passo, lasciamo fare al simulatore; ci offrirà i valori calcolati su un carico resistivo, con le solite formule standard. Osservando il pessimo risultato qui sotto, capirete perché non dobbiamo mai usarle.

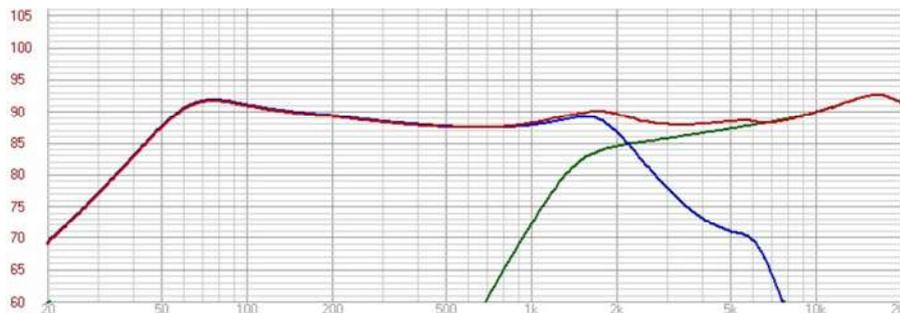


Le frequenze di taglio vanno corrette; c'è un'eccessiva sovrapposizione che produce una gobba evidente. Inoltre, il tweeter ha un'efficienza troppo alta e deve essere attenuato, oltre che smorzato.

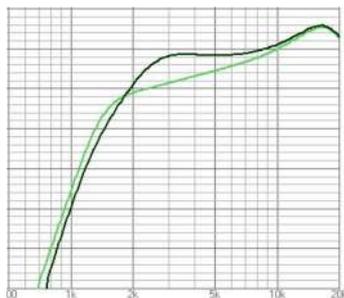
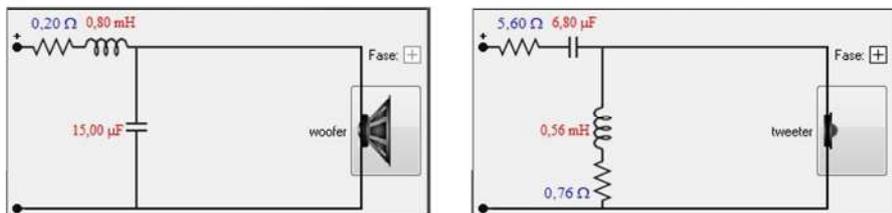


Il woofer va già in discesa di suo, quindi non possiamo tagliarlo più in basso aumentando l'induttanza; questo accentuerebbe la pendenza anche dove non vogliamo, sui 300-500 Hz. Interverremo quindi sul condensatore.

Secondo passaggio. Il tweeter richiede una resistenza enorme per allinearsi con il woofer: 5.6Ω , addirittura superiore a quella dello stesso altoparlante. La mettiamo a monte del filtro, così ci aiuta anche con lo smorzamento. Correggiamo i valori di L e C per alzare la frequenza di taglio, poi aggiungiamo la resistenza parassita di 0.76Ω .



Sul woofer, adesso c'è un condensatore da $15 \mu F$, che ovviamente produce un filtro troppo risonante. Aggiungiamo anche qui la resistenza parassita (0.20Ω).

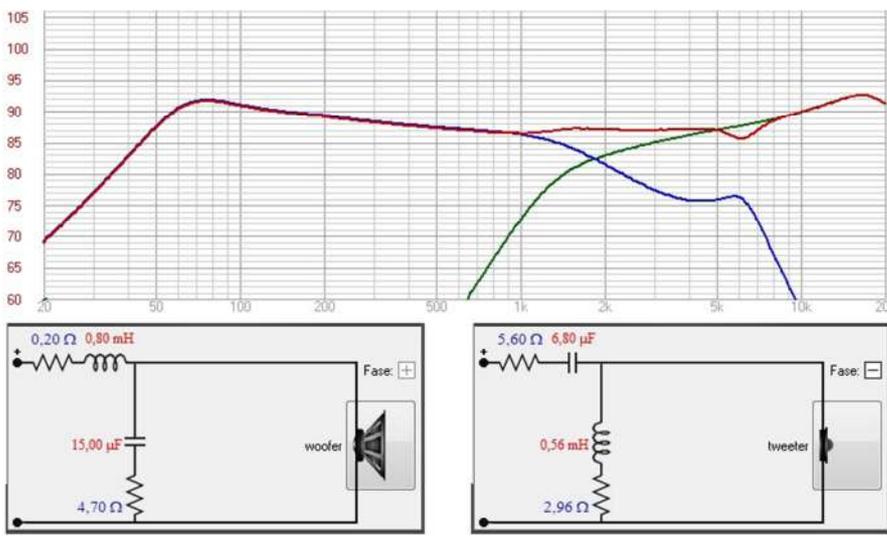


Prima di andare avanti, due considerazioni...

Qui a destra, la curva in verde chiaro mostra la risposta del tweeter ottenuta finora. In verde scuro, quello che si otterrebbe mettendo a valle la resistenza da 5.6Ω , direttamente in serie all'altoparlante.

Quell'attenuazione riduce moltissimo la potenza che arriva al tweeter, consentendoci di sollecitarlo come fosse un 25.

Questo è il motivo più importante, per abbinarlo al formato da 130; questi woofer offrono, solitamente, un'*SPL* intorno a 86-87 dB; da un 165 ce ne possiamo aspettare 88-89; un 200 può arrivare a 90. Pertanto, più grosso è il woofer, più piccola sarà la resistenza sul tweeter (e la sua tenuta in potenza).



Terzo passaggio. Dobbiamo smorzare di brutto la curva del woofer, ma non possiamo aumentare l'induttanza per non ridurre troppo la gamma media.

Aggiungiamo quindi una grossa resistenza (4.7 Ω) in serie al condensatore, per ridurre l'effetto.

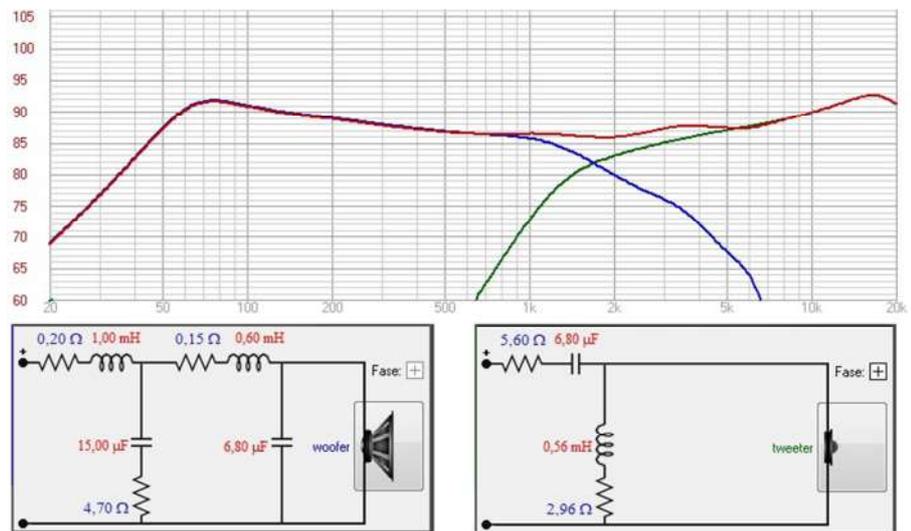
Già che ci siamo, diamo un colpetto anche al ginocchio del passa-alto, con una resistenza da 2.2 che si sommerà a quella dell'induttanza (totale: 2.96).

Questo è già un buon risultato, perché il woofer incrocia il tweeter prima dei 2000 Hz, quando non ha ancora problemi di direttività. La piccola irregolarità a 6000 Hz potrebbe risultare trascurabile, ma noi siamo perfezionisti e quel break-up non ci piace, quindi cercheremo comunque di eliminarlo.

Introduciamo quindi una seconda cella del 2° ordine, sul woofer, arrivando al 4° ordine complessivo. Sul tweeter non cambia nulla.

La cella aggiuntiva deve intervenire intorno a 4000 Hz, serve solo a tagliare il picco di break-up; i valori di *L* e *C* sono quindi più bassi rispetto alla prima.

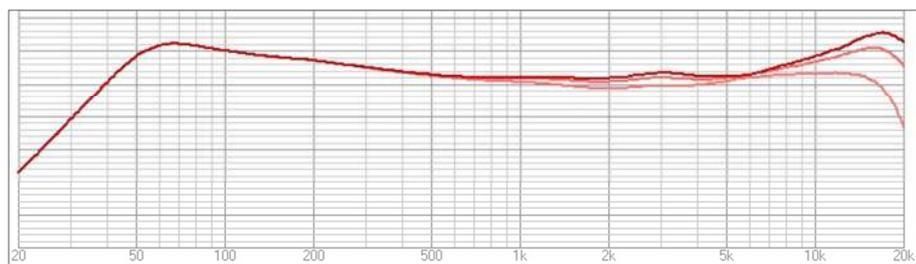
Trattandosi di un diffusore per piccoli ambienti, ho deciso di accentuare l'effetto *loudness* con un'induttanza da 1 mH, sostituendo quella da 0.8.



Per assicurarci che suoni bene, non in camera anecoica ma in casa nostra, vediamo l'emissione fuori asse.

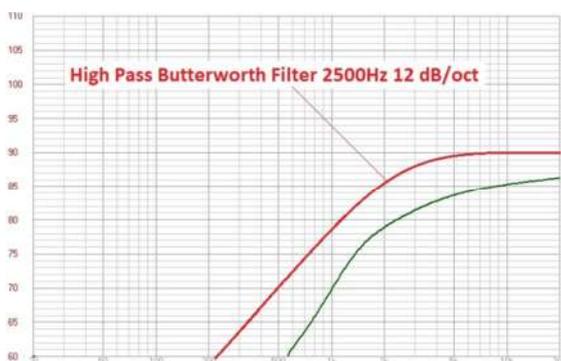
Nella zona interessata dall'incrocio, ovvero da 1'000 a 5'000 Hz, la risposta a 30° presenta differenze inferiori alle tolleranze degli altoparlanti.

Quella a 60° è anche più stupefacente: nonostante l'angolazione estrema, si sposta meno di 2 dB dalla curva in asse.



Riguardando il grafico completo, qualcuno potrebbe accorgersi che l'incrocio sta a 1700 Hz...

- Questo è pazzo!... Un tweeter da 19, a quella frequenza, esplode come un petardo!...



Vi ricorda qualcosa, questa scritta sul grafico qui a sinistra? L'abbiamo vista sul catalogo SEAS, relativa a questo modello; quella curva rossa è il filtraggio che consigliano loro.

La verde, invece, è la risposta del nostro filtro. Se si brucia così, il filtro consigliato da SEAS innesca una fusione nucleare.

Adesso, forse, si capisce l'importanza di quella enorme resistenza da 5.6 Ω, legata all'incredibile efficienza di questo tweeter.

Seconda combinazione: woofer da 165 e tweeter da 25.

Durante l'estate 2020, per realizzare le casse di mio figlio, ho passato due mesi a scegliere gli altoparlanti, cercando di informarmi sui prodotti di oggi, dopo 25 anni di assenza. Ne è uscita un'accoppiata incredibilmente economica, ma con caratteristiche che ai miei tempi richiedevano ben altro esborso.

Per questa chiacchierata, ho provato a cercare qualcosa di alternativo... ma non ci sono riuscito. Sono aperto ad eventuali suggerimenti, ma sappiate che in foto ci sono 54 euro in tutto. Nel prossimo progetto non basteranno nemmeno per il woofer.



Inoltre, questo è un ottimo esempio per la nostra discussione, perché si tratta di un caso particolare. Le casse erano destinate ad un target di ventenni, interessati solo al "cha-pum... cha-pum..." con un impatto dinamico da spettinati i capelli; tuttavia, andavano messe in un locale al piano terra di un condominio, in cui vivono un paio di famiglie... poco pazienti, diciamo così.



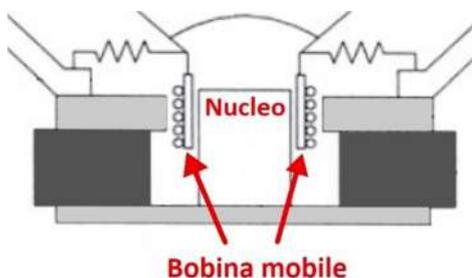
Le scelte che ho fatto, in questo progetto, miravano quindi ad accentuare il più possibile l'effetto *loudness*, un po' come Serblin con la *Minima* della *Sonus Faber*; solo che io usavo un woofer 4 volte più grosso e gli davo oltre 40 litri, invece di 6.

Inoltre, dovevo limitarmi ad una cella del 2° ordine sul woofer, per avere una sola induttanza in serie e ridurre al minimo la resistenza parassita; volendo ottenere bassi da percussione particolarmente incisivi, quindi non potevo penalizzare troppo il fattore di smorzamento dell'amplificatore.

In sostanza, gli amici di mio figlio avrebbero dovuto percepire un impatto dinamico estremamente coinvolgente, ma senza esagerare con il volume troppo alto, in modo da non farmi litigare con i vicini.

Torniamo agli altoparlanti...

Con il woofer è stato amore a prima vista; sapete già che ho un debole per il polipropilene, ma non è molto comune sui prodotti economici. Questo *FAITAL* si chiama **6FE100**; con appena 29 euro, offre anche una bobina da 32, il supporto in Kapton e addirittura l'anello demodulante. Su quest'ultima soluzione, bisogna spendere qualche parola...



Quando la bobina è sollecitata sui bassi, si muove di parecchi millimetri, entrando e uscendo continuamente dalla testa del nucleo.

È facilmente intuibile come l'induttanza parassita sia significativamente diversa, tra una bobina "tutta avanti" e una "tutta indietro".

Per il basso non cambia nulla, perché a 50... a 100... a 200 Hz, quell'induttanza non ha alcun effetto.

I problemi li abbiamo se il woofer, nello stesso momento, riproduce una tromba, un violino, un flauto, un qualsiasi strumento che può arrivare a 800, a 1000, a 1500 Hz... magari con le sue armoniche. A quelle frequenze, l'induttanza parassita fa sentire i suoi effetti, variando l'impedenza del woofer.

In altre parole, il contrabbasso produce una distorsione sul clarinetto, che si faceva gli affari suoi e non dava fastidio a nessuno (intermodulazione). Un **anello in rame**, posto sulla testa del nucleo, abbatte l'induttanza parassita per una sorta di effetto-trasformatore. Per questo si chiama "demodulante".

...Come un papà protettivo, impedisce al grosso contrabbasso di fare il bullo sul piccolo clarinetto.

Alcuni di voi, probabilmente, si staranno ponendo una domanda:

- *L'anello demodulante è certamente interessantissimo, ma era proprio il caso di parlarne qui, in uno spazio dedicato ai filtri di crossover?... Non era meglio trovargli spazio in un'altra chiacchierata?*

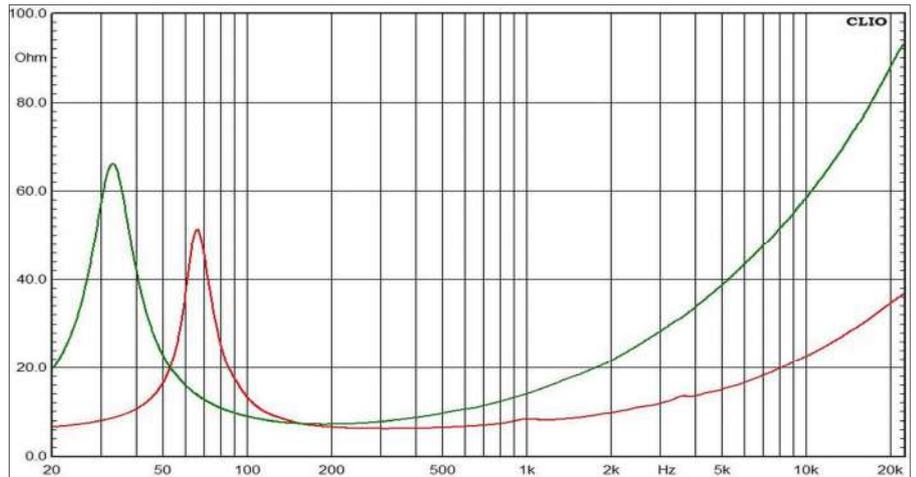
Se guardate il grafico qui a destra, direi proprio di no.

Abbiamo la curva di impedenza del nostro FAITAL (curva rossa) a confronto con un Dayton dello stesso formato, ma senza anello demodulante.

Lasciate perdere i bassi... il Dayton è chiaramente molto più cedevole.

Quello che ci interessa è l'effetto dell'induttanza parassita, dai 200 in su.

Non credo servano spiegazioni, per descrivere cosa fa quell'anello.



La demodulazione è un argomento piuttosto tecnico, poco adatto ai principianti, ma quell'impedenza così regolare ci facilita parecchio la progettazione del filtro.

A proposito... Quando il simulatore vi chiede il dato di L_e (induttanza della bobina), non dategli mai quello che leggete sul catalogo. Cercate di ottenere una curva di impedenza simile a quella pubblicata, in particolare nella zona immediatamente successiva alla frequenza di incrocio, diciamo tra 2000 e 5000 Hz.

Prima di passare alla progettazione, diciamo due cosucce anche sul tweeter.

Si chiama **DT-101SK**; è uno degli infiniti prodotti del catalogo *Monacor*, che forse è l'azienda più prolifica del mondo, per numero di modelli proposti.

Ai miei tempi, se qualcuno mi avesse detto:

- *92 dB, cupola in seta, retrocamera, ferrofluido, flangia con fonoassorbente...*

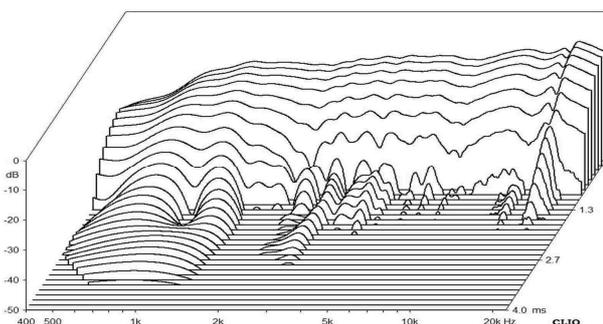
...Istintivamente gli avrei risposto "*Scan-Speak!*"

Invece, oggi troviamo questo gioiellino a 25 euro. **VENTICINQUE!!!**



Inizialmente ha attirato la mia attenzione per quella flangia, con profilo leggermente a tromba.

Nulla di tecnico-scientifico-acustico, solo praticità... Visto il pubblico che la cassa avrebbe avuto, volevo soltanto che la cupola fosse protetta da urti accidentali, come manate o gomitate.



Poi ho cominciato ad informarmi e mi è andato l'occhio sulla CSD qui a sinistra... Mai visto niente del genere!

Oggi è facile fare gli elettroacustici, con prodotti così.

Visto il bassissimo prezzo degli altoparlanti, ho dato a questo diffusore il nome **SDR** (*sangue dalle rape*), appoggiandomi su un famoso detto popolare.

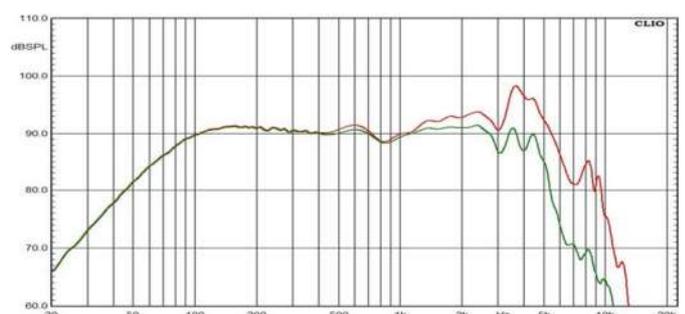
Con 218 euro ho comprato tutto, perfino viti e guarnizioni.

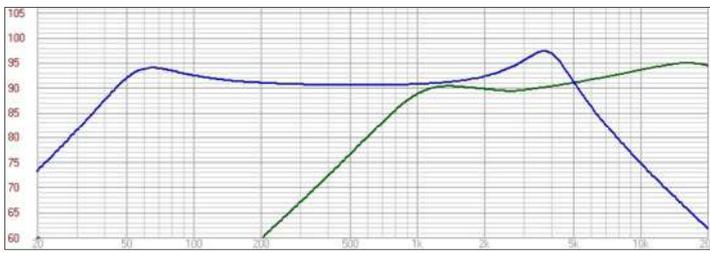
Vedremo come il crossover sia più semplice, rispetto all'esempio precedente; l'anello demodulante sul woofer ci consente di usare un passa-basso di 2° ordine.

Anche la membrana in polipropilene ci aiuta, perché il break-up è più contenuto, quindi più facile da controllare.

Se volete divertirvi un po', potreste provare ad abbinarlo con il SEAS da 19 già visto, ma occhio alla potenza...

Questo è un woofer da 91 dB!





Anche in questo caso, inseriamo i dati sugli altoparlanti, cercando di riprodurre meglio possibile le curve di risposta e di impedenza.

Per avere un'idea più precisa del risultato, consiglio di simulare il woofer già montato in cassa.

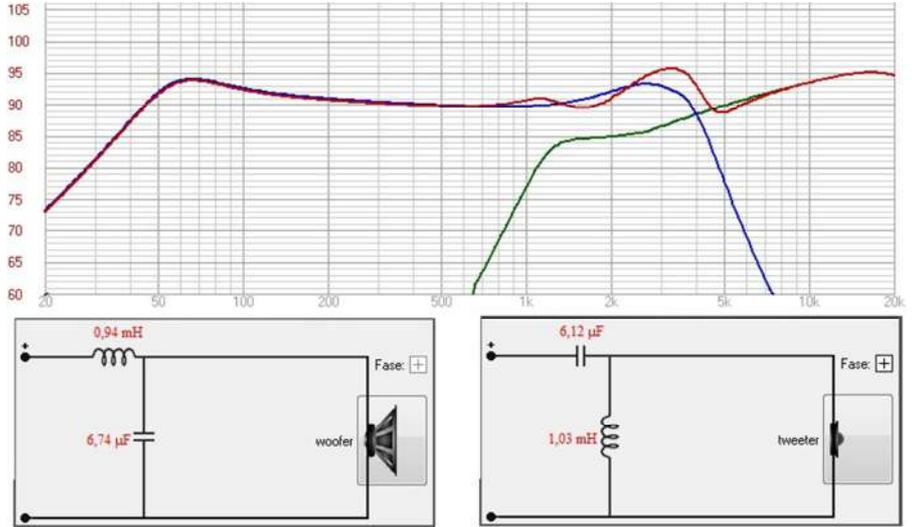
Solito giochetto... lasciamo che il software ci calcoli il crossover ideale, su carico resistivo.

Otteniamo la solita porcheria, che poi andremo a correggere.

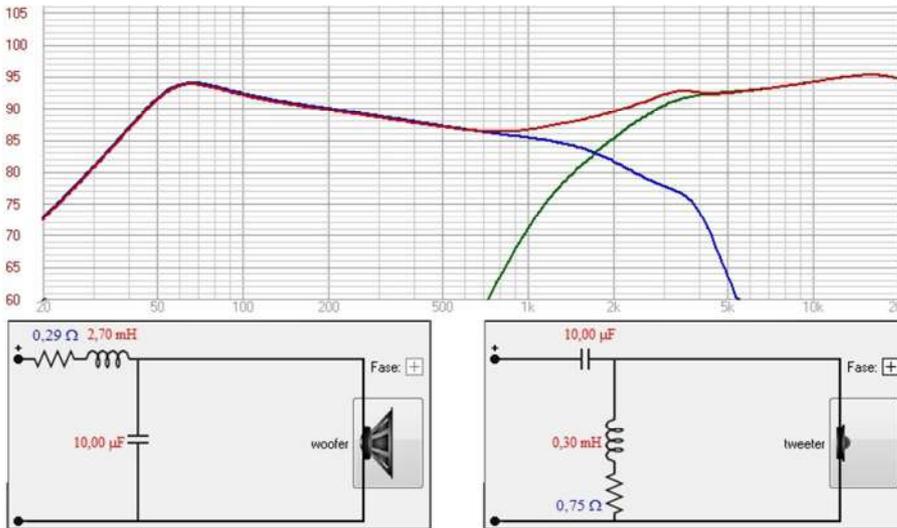
Tra l'altro, il simulatore fornisce dati puramente matematici, senza tenere conto dei valori standard che si trovano in commercio.

Questa volta, nella sovrapposizione, notiamo che in gamma media è il woofer ad essere più alto.

Come vi dicevo, parliamo di una bestia da 91 dB... non so quanti altri ce ne siano, nella categoria da 165.



Per ottenere un pronunciato effetto *loudness*, dobbiamo togliere parecchi dB alla gamma media.



Pertanto, nel correggere la frequenza di taglio del woofer, interverremo soprattutto sull'induttanza, in modo che la sua curva di risposta vada decisamente in discesa.

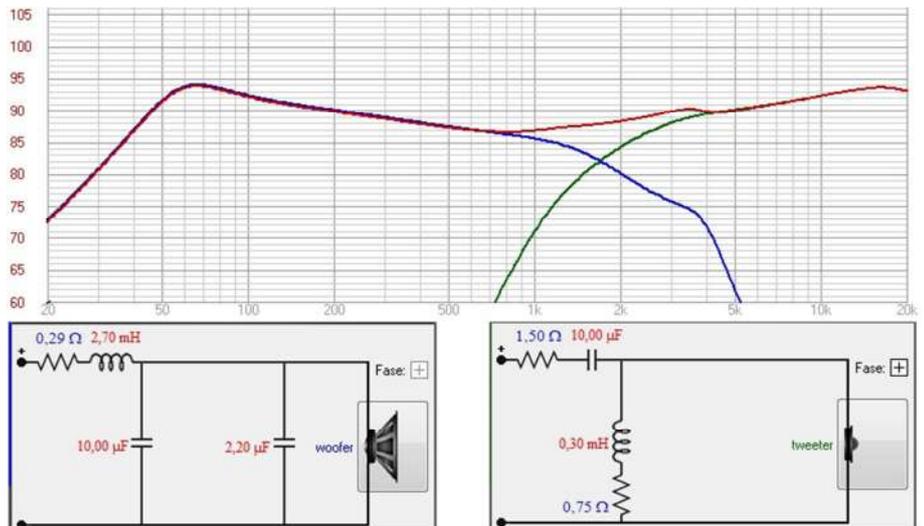
Il tweeter, invece, va già in salita per conto suo, quindi gli daremo una cella un po' meno smorzante, rispetto al SEAS dell'esempio precedente.

Già che ci siamo, aggiungiamo anche le solite resistenze parassite, sulle relative induttanze.

Non resta che livellare l'emissione del tweeter, con la solita resistenza di attenuazione, che questa volta è soltanto da 1.5 Ω.

Nel progetto originale ce l'avevo messa più alta, da 2.7 Ω, perché il locale di mio figlio è particolarmente ricco di superfici riflettenti.

In un normale salotto, con tendaggi, divani e tappeti, preferisco consigliare quella da 1.5 o 2.2.



Gli amici di mio figlio sono rimasti parecchio colpiti, dall'ascolto delle casse.

C'è chi mi ha chiesto un progetto per casa sua, chi ha mostrato stupore per la risposta sui bassi, chi pensava di ascoltare un ampli da 150 W (che invece è da 40)...



Quello che invece ha stupito me è la gamma media, in particolare le voci dei cantanti.

Non pensavo di ottenere un risultato così realistico, perché senza quelle esigenze di target avrai fatto scelte diverse. In particolare, avrei accettato una seconda induttanza sul woofer, anche se questo avrebbe prodotto una maggiore resistenza, penalizzando i bassi da percussione.



Con un passa-basso del 3° ordine, o addirittura del 4°, avrei tagliato meglio il break-up a 4000 Hz. Questo mi avrebbe consentito uno smorzamento più graduale, di conseguenza una migliore transizione tra i due altoparlanti. Purtroppo, le casse non sarebbero state così apprezzate, dal mio giovane pubblico... A parte le percussioni, avrei ottenuto anche una risposta più neutra, con un effetto *loudness* più limitato. Il tweeter sarebbe stato leggermente più sollecitato, ma sempre sotto la curva proposta da *Monacor*.

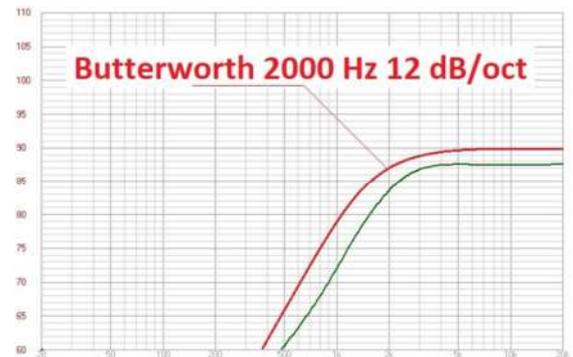
A proposito... anche qui incrociamo a 1700 Hz.

Come forse avrete sentito dire, è un valore che solitamente viene considerato troppo basso, anche per un tweeter da 25.

Mostriamo quindi il confronto usando la risposta elettrica, che non è alterata dall'emissione dell'altoparlante.

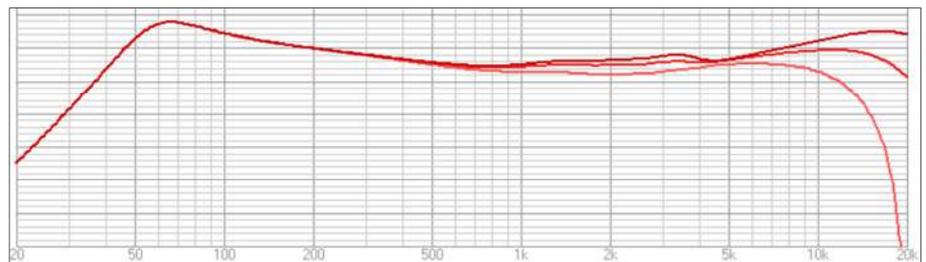
La curva rossa mostra il taglio previsto da *Monacor*.

Il nostro filtro si tiene sempre al di sotto, ma con margini minori rispetto al *SEAS* dell'altro esempio. (Woofer da 91 dB!)



Prima di concludere, vediamo anche qui le curve fuori asse (0° - 30° - 60°).

Nella zona dell'incrocio, che pressappoco si estende da 800 a 4000 Hz, le tre curve si discostano con un'apertura leggermente più significativa, rispetto all'esempio precedente.



Questo non è dovuto alle superfici radianti dei due altoparlanti.

Sarebbe stato possibile, anche in questo caso, ottenere tre curve un po' più ravvicinate, usando la soluzione più neutra che avrei adottato io... Anche se, all'ascolto musicale, sembra soddisfacente anche così.

Del resto, parliamo di differenze di mezzo dB, ma il vero elettroacustico è per sua natura un perfezionista, uno che non si accontenta mai.

Sono proprio quei mezzi dB, sparpagliati qua e là su varie grandezze fisiche, che ci fanno distinguere una *Dynaudio* da un barattolo.

Pensate ad un pilota di Formula Uno, mentre corre sul circuito di Spa.

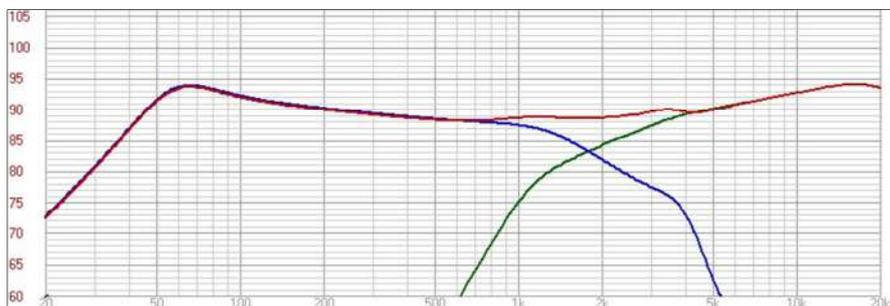
Cosa vuoi che siano tre decimi di secondo, su un minuto e quaranta?...

Eppure sono proprio quei tre decimi, che ci portano a definire certi personaggi con l'appellativo di "fuoriclasse".



Non vi mostro la mia soluzione migliorata, perché la lascio a voi come esercizio.
Vi aiuto con qualche indizio, per chi volesse provarci:

- la frequenza di incrocio è leggermente più alta, poco sopra i 1800 Hz;
- sul woofer c'è un filtro del 4° ordine, ma decisamente sovrasmorzato;
- infine, vi mostro qui sotto il risultato finale:



Per la prima volta, il concetto di “doppia pendenza” appare in modo evidente, macroscopico. Su entrambe le curve, intorno all'incrocio abbiamo una pendenza di circa 6 dB/oct, malgrado i due filtri siano del 2° ordine (sul tweeter) e addirittura del 4° (sul woofer).

Con il 130 era poco importante, perché a 1700 Hz non abbiamo alcun problema di direttività. Sull'SDR di mio figlio abbiamo trascurato il problema, per concentrarci sull'impatto aggressivo. Questa seconda versione, pertanto, rappresenta il primo esempio di crossover... come dico io!

Dovrei mostrarvi ancora due esempi, con il woofer da 200 e con quello da 250, ma mi sono appena accorto che siamo arrivati all'undicesima pagina; avete sicuramente bisogno di rilassarvi.

Tra l'altro, i prossimi due progetti ci costringeranno a trattare nuovi argomenti, richiederanno quindi un po' più di spazio, rispetto a questi.

Propongo pertanto di continuare nella prossima chiacchierata, la n° 15, alla quale vi invito fin da adesso con il mio consueto saluto...

Alla prossima!

10 giugno 2021


(Robert Romiti)