

La caratterizzazione acustica dei diffusori elettroacustici

***Testing e modellizzazione acustica,
con elementi di progettazione acustica
di dispositivo e di sistema***

di Filippo Ferraroni

filostm@libero.it

*Release 3.0
Giugno 2014*

Contenuti protetti da diritto d'autore



Dedicato a

*John R. Pierce
e a Guido Noselli*

INDICE GENERALE

INDICE GENERALE	i
PRESENTAZIONE DEL LIBRO	1
PRESENTAZIONE DELL'AUTORE	X
RINGRAZIAMENTI	X
1. INTRODUZIONE	X
1.1. Una parentesi terminologica	X

PARTE 1

2. CAMPI E SORGENTI. ELEMENTI DI ACUSTICA FISICA E DI PSICOACUSTICA	X
2.1. Sorgenti e campi nella fisica e nella vita animale	X
2.2. Le basi dell'acustica ondulatoria	X
<u>2.2.1. L'equazione delle onde acustiche</u>	X
2.2.1.1. Dall'onda sferica all'onda piana	X
2.2.1.2. Superficie d'onda e principio di Huygens	X
2.2.1.3. Fenomeni di interferenza e di diffrazione	X
2.2.1.4. Alcuni temi di approfondimento	X
<u>2.2.2. Modelli elementari di sorgenti acustiche</u>	X
2.2.2.1. La sorgente puntiforme: il monopolo	X
2.2.2.2. Il dipolo	X
2.2.2.3. La sorgente lineare	X
2.3. Studio e modellizzazione delle sorgenti sonore	X
2.3.1. La risonanza acustica: le cavità risonanti	X
2.3.2. La velocità di gruppo ed il "mistero" della fase	X
2.4. Dall'acustica ondulatoria all'acustica geometrica	X
2.4.1. Attenuazione di propagazione	X
2.4.2. Assorbimento del mezzo trasmissivo	X
2.4.3. Diffusione (riflessione diffusa)	X
2.4.3.1. Il diffusore acustico	X
2.4.4. Riflessione (riflessione speculare)	X
2.4.5. Rifrazione	X
2.4.5.1. Gradienti di temperatura e direzione di propagazione	X

2.5. L'acustica architettonica.....	X
2.5.1. <u>Campo diretto, campo riverberato e campo diffuso.</u>	X
2.5.2. <u>Cenni di acustica edilizia.</u>	X
2.5.3. <u>Cenni di acustica ambientale.</u>	X
2.5.4. <u>Parametri di prestazione nell'acustica architettonica.</u>	X
2.6. Dall'acustica alla psicoacustica.	X
3. ELEMENTI DI TEORIA DEI SISTEMI.....	X
3.1. Perturbazione di sistema: risposta all'impulso.	X
3.2. Analisi spettrale.	X
3.2.1. <u>Analisi di Fourier e funzione di trasferimento: ampiezza e fase.</u>	X
3.2.2. <u>DFT e FFT.</u>	X
3.2.3. <u>Filtri.</u>	X
3.2.4. <u>Bande di ottava.</u>	X
3.2.5. <u>Cenni all'analisi wavelet.</u>	X
3.3. Generazione di segnale.....	X
3.3.1. <u>Caratteristiche temporali dei segnali.</u>	X
3.4. Tecniche di misura e di calcolo di IR e di funzioni di trasferimento.	X
3.5. Utilizzo della risposta all'impulso in acustica.....	X

PARTE 2

4. UN APPROCCIO FISICO E SISTEMISTICO AL DIFFUSORE ELETTRACUSTICO.	X
4.1. Il diffusore elettroacustico come "black box".	X
4.2. La topologia del diffusore elettroacustico: dimensioni, distanze ed effetti sulla direttività acustica.	X
4.3. Il segnale acustico nello spazio: l'emissione di energia acustica in funzione della direzione.	X
4.4. Lo studio delle sorgenti sonore basato sulle simulazioni.	X
4.5. L'approccio sperimentale.	X
5. I DATI ACUSTICI DEI DIFFUSORI ELETTRACUSTICI.	X
5.1. File formats: modellizzazione e visualizzazione dei dati tecnici.	X
5.1.1. <u>I formati del gruppo CLF.</u>	X
5.1.2. <u>Il formato gll.</u>	X
5.2. Le simulazioni acustiche nella progettazione di sistemi audio.	X
5.2.1. <u>L'utilizzo dei file formats nelle simulazioni.</u>	X
5.3. Alcune osservazioni finali.	X

PARTE 3 - APPENDICI

A1. ELEMENTI DI FISICA-MATEMATICA E DI CALCOLO NUMERICO.	X
A1.1. Soluzioni di problemi bidimensionali.	X
A1.2. Interpolazione.	X
<u>A1.2.1. Introduzione all'interpolazione.</u>	X
<u>A1.2.1.1. Esempi di interpolazione.</u>	X
A1.3. Alcuni problemi generali di calcolo numerico.	X
A2. ELEMENTI DI METROLOGIA, DI STATISTICA E DI STRUMENTAZIONE HW/SW.	X
A3. ELEMENTI DI ANALISI E SINTESI DI ANTENNE.	X
A3.1. Parametri descrittivi delle antenne.	X
A3.2. Antenne elementari.	X
A3.3. Array di antenne.	X
<u>A3.1.1. Osservazioni generali sui principi del beamforming elettromagnetico.</u>	X
<u>A3.1.2. Applicazioni del beamforming elettromagnetico.</u>	X
A4. ICT E FILE FORMATS.	X
A5. UNA GUIDA AI DATA-SHEETS DEI DIFFUSORI ELETTROACUSTICI.	X
A6. LA PROGETTAZIONE DI UN SISTEMA AUDIO.	X
A7. IL LEGNO: UN BREVE VIAGGIO TRA TECNOLOGIA DEI MATERIALI ED ARTE LIUTAIA.	X
A7.1. La scelta del materiale per il mobile.	X
A7.2. Il legno: recupero della tradizione ed innovazione.	X
A7.3. Alcuni tipi di legno.	X
A7.4. La lavorazione del legno e le proprietà fisiche.	X
<u>A7.4.1. I problemi di produzione industriale in serie.</u>	X
A7.5. Alcuni aspetti tecnici del cabinet.	X
A7.6. Dal legno ai materiali plastici.	X
A8. IL PUNTO DI VISTA DI UN PROJECT PLANNER.	X
A8.1. Disquisizioni relative al project planning.	X
A8.2. Alcuni problemi di produzione industriale.	X
A9. UNO SGUARDO AD AZIENDE SPECIALIZZATE.	X
A10. ALCUNI ARGOMENTI AVANZATI.	X

A11. LA SCIENZA DEL SUONO ED IL MOTIVO DELLA DEDICA INIZIALE..... X

LE FONTI..... X

Osservazioni sull'utilizzo delle fonti.....X

Riferimenti bibliografici.....X

Consultazione bibliografica.....X

Riferimenti ad articoli tecnici.....X

Articoli tecnici di consultazione.....X

Riferimenti sitografici.....X

Sitografia di consultazione..... X

Riferimenti a standard e normative..... X

Standard e normative di consultazione..... X

INDICE ANALITICO..... X

Presentazione del libro

Questo libro può rappresentare un collegamento, un ponte tra manualistica di strumentazione di misura hw e sw per l'audio professionale, nelle misurazioni acustiche di direttività, ed i principi teorici e formali.

In qualche modo il libro può essere visto e letto come un "incrocio" tra manuale tecnico e saggio tecnico-scientifico divulgativo, come guida all'interpretazione dei dati acustici presenti (e spesso purtroppo mancanti o fortemente incompleti) nelle schede tecniche dei prodotti e come strumento di indagine e comprensione per la modellizzazione di diffusori elettroacustici.

E' da qualche anno che vengono pubblicati, anche con una certa frequenza, articoli tecnici, spesso a carattere divulgativo con forti semplificazioni, in riviste più o meno specializzate a proposito della direttività dei diffusori elettroacustici. Questa frequenza accentuata di articoli tecnici su tale tema è sostanzialmente trainata e motivata dal successo anche commerciale che hanno avuto i line arrays nelle applicazioni concertistiche.

Tuttavia, non dobbiamo farci ingannare dalle applicazioni e individuare invece i principi fisici e ingegneristici, che stanno alla base delle applicazioni stesse.

In questo modo, il presente manuale-saggio può presentare delle peculiarità non riscontrabili negli articoli tecnici: bisogna legare in modo chiaro, seppur a volte non eccessivamente complicato, spero riuscendoci, la parte teorico-progettistica alle applicazioni e alla sperimentazione, individuando e spiegando i metodi formali, ingegneristici e sperimentali, che stanno alla base delle applicazioni audio.

Spesso l'audiofilo, il tecnico ed il progettista devono padroneggiare in modo completo le diverse materie che affrontano nella pratica quotidiana, per avere un approccio critico e trovare soluzioni efficienti e di qualità ai problemi, che emergono di volta in volta nelle misurazioni e nella progettazione di dispositivo e di sistema.

La comprensione dei dati acustici dei diffusori elettroacustici può essere importante sia per un dimensionamento di sistema sia per un utilizzo critico dei software di previsione acustica, in cui si utilizzano modelli numerici, sotto forma di file formats, dei diffusori elettroacustici.

E' fondamentale possedere una preparazione di base multidisciplinare, cercando di approfondire in modo coordinato e con una buona visione globale i diversi problemi, che emergono giorno dopo giorno nella pratica di laboratorio e nella prassi progettistica.

I collegamenti che sono individuati e tracciati in questo libro non saranno solo a carattere teorico, ma soprattutto a carattere applicativo tra diversi contesti teorici, formali e progettistici dell'ingegneria.

Questo manuale vuole essere un esempio diretto di come la ricerca applicata possa portare ad una maggiore qualità di un prodotto.

Questa mia affermazione si deve inserire anche in un contesto economico, industriale e sociale piuttosto tormentato, che riguarda il mondo occidentale e, in particolare, l'area europea di questi anni.

Ritengo che in questo periodo di transizione nella produzione industriale, nel contesto economico e sociale, l'importanza della ricerca applicata e dell'ottenimento di standards qualitativi sempre più elevati sia di vitale importanza per individuare nuovi obiettivi di produzione industriale e, più in generale, per la costruzione di nuovi modelli economici da inserire in un contesto sociale e culturale differente.

Perdonatemi questa mia digressione in un contesto di politica economica, ma mi pare doveroso e sensato considerare anche il contesto culturale e politico, in cui si può inserire il lavoro di un progettista e di un ricercatore. Solo in questo modo critico, si possono valorizzare elementi del tessuto culturale italiano, estraendo la parte migliore di istituzioni pubbliche e private.

In sostanza, questo manuale, seppur in un settore considerato di nicchia, può rappresentare un esempio concreto dei risultati, a cui si può giungere, quando si uniscono le conoscenze provenienti dal mondo accademico con gli sforzi concreti, che si possono compiere in ambito industriale.

Per giungere al successo della ricerca applicata, bisogna completare il quadro, sottolineando l'importanza di aspetti organizzativi cruciali nella produzione industriale, soprattutto quando si svolgono attività di ricerca.

Purtroppo, in Italia, si vive in una situazione di forte criticità, quando si chiama in gioco la ricerca tecnico-scientifica e quando bisogna fare scendere in campo aspetti organizzativi piuttosto spinti ed accentuati.

Non proseguo con questa mia digressione economico-politica, altrimenti il manuale rischierebbe di diventare un saggio di politica economica e di politica industriale, anche con un taglio a tratti polemico.

Mi preme sottolineare come ci tenga particolarmente che da questo libro emerga una volontà costruttiva e pratica di unire e coordinare le conoscenze provenienti dal mondo tecnico-scientifico accademico, le competenze presenti nel tessuto industriale italiano e le capacità tipiche del mondo artigianale.

Penso che le capacità di coordinamento e di ottimizzazione delle diverse competenze provenienti dai diversi contesti del tessuto culturale e produttivo italiano siano l'unico antidoto a questo difficile e critico periodo economico e sociale.

Torniamo, dunque, ora strettamente ai contenuti del manuale.

Data l'importanza delle basi fisiche e matematiche, dopo l'introduzione, si parte subito con due capitoli propedeutici (capitoli 2 e 3) per la lettura degli altri capitoli (capitoli 4 e 5), a carattere fortemente applicativo.

Dunque, nel capitolo 2 si considerano alcuni principi di acustica, in particolare di acustica ondulatoria, e di psicoacustica, essenziali per procedere con la caratterizzazione di un diffusore elettroacustico. Il capitolo 2 può essere letto con l'ausilio dell'appendice 1.

Nel capitolo 3 si affrontano alcuni temi di teoria dei sistemi, in cui si inserisce la teoria spettrale, con aspetti teorici, ma soprattutto pratici.

I capitoli 2 e 3 devono essere visti come preparazione al capitolo 4, che rappresenta l'applicazione di alcuni principi teorici e progettistici descritti in precedenza.

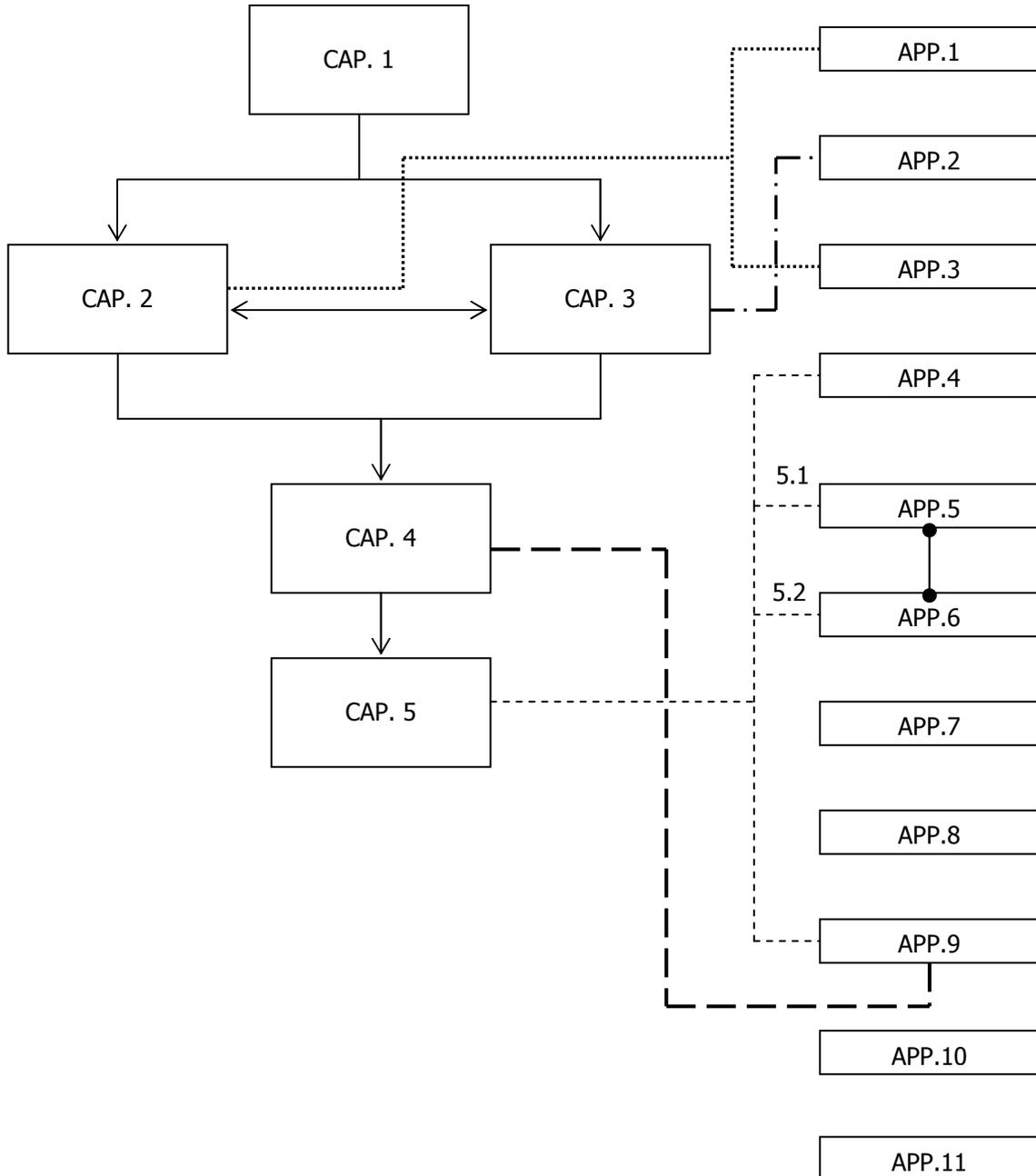
Nel capitolo 4 si affronta con un approccio fisico-sistemistico il diffusore elettroacustico, visto come "black box" e come sorgente sonora.

La parte applicativa prosegue poi nel capitolo 5 con una serie di aspetti tecnici e progettistici applicativi, dando uno sguardo ai diversi file formats dei data-sheets dei diffusori elettroacustici.

In questo capitolo si crea un panorama generale anche sull'utilizzo dei sistemi software di previsione acustica, strumenti CAD sempre più importanti nella progettazione acustica degli ambienti e di sistemi audio.

Il libro prosegue con una serie di appendici, che completano il manuale tecnico su diversi fronti.

Flow-chart della struttura del libro
(Capitoli, appendici e relativi collegamenti)



Presentazione dell' autore

Filippo Ferraroni è un ingegnere elettronico emiliano, che da tempo si occupa di sistemi audio e di acustica, sia con una preparazione accademica mirata sia con attività ed addestramento sul campo e attraverso ricerca applicata sia in ambito industriale che in chiave personale.

Professionalmente nel settore audio l'attenzione è da diversi anni rivolta alla progettazione di sistemi audio ed allo studio delle sorgenti sonore, in particolare dei diffusori elettroacustici.

L'attività di ricerca e di progettazione, in alcune aziende italiane del settore audio, è stata rivolta verso la caratterizzazione (testing e modellizzazione) dei diffusori elettroacustici, attraverso misure di laboratorio ed elaborazioni numeriche e grafiche delle misure, e la relativa produzione di sistemi software.

L'attenzione si rivolge dunque ai diversi file formats e ai simulatori acustici, sia quelli realizzati in forma di prototipo e custom che quelli attualmente in commercio.

Altri elementi di focalizzazione applicativa sono rappresentati dal testing di amplificatori di potenza e la progettazione di sistemi audio attraverso simulatori acustici e misure acustiche, oltre che la progettazione di strumenti software prototipo per lo studio del campo sonoro e, in particolare, per lo studio delle caratteristiche acustiche di emissione di clusters di sorgenti sonore.

Poco più che diciottenne, ai tempi del liceo scientifico, inizia per passione con la carriera da disc-jockey, per passare poi, durante il periodo universitario ad esperienze come fonico concertista.

Appassionato fin da piccolo di musica, inizia da bambino a cantare nel coro della parrocchia e della scuola elementare; dal 1998 inizia ad interessarsi e a studiare canto lirico corale ed entra a fare parte di cori lirici parmigiani.

Da diversi anni si occupa individualmente di ricerca vocale con studi di psicologia e neurofisiologia, approfondendo la figura di Demetrio Stratos ed i temi della ritualità e della psicologia della voce. In questa direzione sta approfondendo la teoria del protomentale ed aspetti cognitivi nella vita fetale, in cui la percezione uditiva ha un ruolo fondamentale; in tale contesto il lavoro e le pubblicazioni di Antonio Imbasciati sono riferimenti essenziali, oltre al lavoro di Laura Pigozzi, psicanalista della voce.

Inoltre, approfondisce temi di musicologia e, in particolare, di etnomusicologia.

Una figura di riferimento centrale in campo musicale e musicologico è rappresentata da Sergiu Celibidache, musicista e direttore d'orchestra romeno, di grande importanza nella comprensione e nell'interpretazione musicale, con risvolti filosofici, estetici e cognitivi di grande fascino.

Ultimamente, si sta interessando di percussioni e di musica antica, sia in termini esecutivi, musicali che in termini etnomusicologici.

Scrivete a Filippo Ferraroni : filostm@libero.it

Sito web: www.filostm.it

Ringraziamenti

*"La vita, amico mio, è l'arte dell'incontro."
Vinicius de Moraes*

Questi ringraziamenti non sono motivati da aiuti e supporti diretti per la scrittura di questo libro. Infatti, la maggior parte dello sforzo editoriale diretto di questo libro è ricaduto sulle mie spalle, o meglio, nelle mie mani.

Però, se oggi sono riuscito a scrivere questo libro con certi contenuti è merito di esperienze passate, in cui alcune persone hanno avuto un ruolo significativo, a volte anche inconsapevole. Così, mi sembra un gesto di coerenza e di gratitudine ringraziare alcune persone.

Prima di tutto, in queste righe ringrazio Leonardo Calza, fonico di grande esperienza e di ottime capacità, che è stato mio maestro come fonico concertista.

Questo è un ringraziamento doveroso, che parte da lontano. Ma ci sono altri ringraziamenti, che partono tutti da lontano nel tempo.

Ringrazio il prof. Angelo Farina, grande riferimento internazionale in acustica.

Ringrazio il dott. Elisa Crema, per i suggerimenti e le indicazioni preziose di acustica, in particolare relative al fenomeno della diffusione acustica, e in elettroacustica, per quanto riguarda proprio i diffusori elettroacustici.

Ringrazio anche l'ingegnere Umberto Nicolao, perché è stato, insieme a J.R. Pierce e a Guido Noselli, le due persone a cui ho dedicato il libro, un riferimento nell'ingegneria audio nel panorama italiano, con i suoi vari libri tecnico-ingegneristici di notevole valore.

Ringrazio inoltre le aziende italiane del settore audio professionale, per le quali ho lavorato, in particolare l'emiliana Sound Corporation e la veneta Prase Engineering.

Ringrazio poi il mio primo maestro di canto corale lirico, il M.o Fabrizio Cassi.

Per finire ringrazio tutti quelli che mi hanno sostenuto e che ho incontrato nel mio percorso da "audio engineer".

Filippo Ferraroni