

Joseph D'Appolito

**MISURARE
GLI
ALTOPARLANTI**



TITOLO ORIGINALE

Testing Loudspeakers

First Edition 1998 Copyright © 1998 by Joseph D'Appolito

Traduzione:

Mauro Bigi

Massimo Costa

Maurizio Jacchia

Giuseppe Pucacco

Impaginazione: Roberto Bigi, Gionatan Corso

© Copyright 1998 by Audio Amateur, Inc. Peterborough NH 03458 USA. All rights reserved.

Per l'Italia:

Audiomatica SRL

Via Manfredi 12

50136 FIRENZE

ITALY

Tel: +39-0556599036

Fax: +39-0556503772

e-mail: info@audiomatica.com

web: www.audiomatica.com

Prima edizione: febbraio 2008

ISBN 978-88-900543-1-0

Finito di stampare nel mese di febbraio dell'anno 2008

Stampato in Italia - Printed in Italy

DEDICA

Questo libro è affettuosamente dedicato alle donne della mia vita: mia moglie, Ligia, le mie figlie, Daniela e Tina e le mie nipoti, Emma ed Isabella. Il loro amore e conforto ma specialmente il loro entusiasmo per questo libro mi ha aiutato durante le lunghe ore della stesura e le frequenti pause che sono parte della creazione di un'opera come questa.

RINGRAZIAMENTI

Qualunque sia il successo di cui questo libro godrà, esso sarà dovuto, per una parte non piccola, agli innumerevoli sforzi di Richard (“Dick”) Campbell, professore, socio di Audio Engineering Society, presidente della società di consulenza da lui fondata. Dick ha letto le bozze di tutti i capitoli evidenziando molte imprecisioni e proponendo numerosi suggerimenti atti a migliorarne il contenuto. La sua tempestiva risposta, ad ogni capitolo che gli veniva sottoposto, ha permesso di ridurre sensibilmente i tempi tecnici tra la realizzazione e la pubblicazione del libro.

SOMMARIO

1 INTRODUZIONE A 'MISURARE GLI ALTOPARLANTI'	1
1.1 PERCHÉ SCRIVERE UN LIBRO SULLA MISURAZIONE DEGLI ALTOPARLANTI?	1
1.2 QUALI ARGOMENTI COPRIRE?	1
1.3 COSA DOVRESTE CONOSCERE PER OTTENERE IL MASSIMO DA QUESTO LIBRO?	1
1.4 IL LIBRO IN BREVE	1
1.4.1 CAPITOLO 2: CONCETTI E MISURE DI BASE SU ALTOPARLANTI	1
1.4.2 CAPITOLO 3: MISURE ELETTRICHE DI IMPEDENZA A BASSA FREQUENZA	2
1.4.3 CAPITOLO 4: TEST ACUSTICI DI SINGOLI ALTOPARLANTI	2
1.4.4 CAPITOLO 5: MISURE ACUSTICHE SU SISTEMI DI ALTOPARLANTI	3
1.4.5 CAPITOLO 6: TEMPO, FREQUENZA E LA TRASFORMATTA DI FOURIER	3
1.4.6 CAPITOLO 7: TEST DI ALTOPARLANTI CON SISTEMI DI MISURA BASATI SU PC	4
BIBLIOGRAFIA	5
2 CONCETTI E MISURE DI BASE SU ALTOPARLANTI	7
2.0 INTRODUZIONE	7
2.1 CENNI STORICI	7
2.2 I PARAMETRI DI THIELE/SMALL	8
2.3 LA CURVA DI IMPEDENZA	9
2.4 UN SEMPLICE MODELLO DELL'ALTOPARLANTE	9
2.4.1 MODELLO DELLA COMPONENTE MECCANICA	9
2.4.2 IL SISTEMA A REGIME	10
2.4.3 COS'È QUESTO OGGETTO CHIAMATO Q?	11
2.4.4 MODELLO DELLA PARTE ELETTRICA	12
2.4.5 LA CURVA DI IMPEDENZA DELL'ALTOPARLANTE	12
2.5 UN PO' DI PIÙ SUI PARAMETRI T/S	14
2.5.1 FORZA CONTRO ELETTRICITÀ, SMORZAMENTO ELETTRICO E QES	14
2.5.2 EFFETTO MOLLA DELL'ARIA, CEDEVOLEZZA MECCANICA E VAS	14
2.6 COME DETERMINARE I PARAMETRI T/S FONDAMENTALI DALLA CURVA DI IMPEDENZA	15
2.6.1 PRELIMINARI PER IL TEST	15
2.6.2 LA TECNICA DEL PARTITORE DI TENSIONE	16
2.6.2.1 PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DEL PARTITORE DI TENSIONE	16
2.6.2.2 MISURARE FSA E QTS CON IL METODO DEL PARTITORE	16
2.6.2.3 UN ESEMPIO CON PARTITORE DI TENSIONE	17
2.6.2.4 AMMONIMENTI, TRAPPOLE E RIMEDI	17
2.6.3 LA PROCEDURA A TENSIONE COSTANTE	21
2.6.3.1 UN ESEMPIO CON TENSIONE COSTANTE	22
2.6.3.2 PARAMETRI DELL'ALTOPARLANTE IN FUNZIONE DELLA POTENZA DI INGRESSO	23
2.6.3.3 AMMONIMENTI, TRAPPOLE E RIMEDI	23
2.6.4 LA PROCEDURA A CORRENTE COSTANTE	23
2.6.4.1 LA PROCEDURA "CORRENTE COSTANTE"	24
2.6.4.2 UN ESEMPIO A CORRENTE COSTANTE	24
2.6.5 VANTAGGI RELATIVI DELLE TRE PROCEDURE PER LA MISURA DI FSA E Q	25
2.7 MISURA DEL VAS	25
2.7.1 LA PROCEDURA ARIA LIBERA / BOX CHIUSO	25
2.7.1.1 UN ESEMPIO DI MISURA DEL VAS	26
2.7.1.2 DISCUSSIONE	27
2.7.2 LA TECNICA DELLA MASSA AGGIUNTA	27
2.7.2.1 UN ESEMPIO DI TECNICA CON MASSA AGGIUNTA	28
2.7.2.2 DISCUSSIONE SULLA TECNICA DELLA MASSA AGGIUNTA	28
2.7.3 PARAGONE FRA LE TECNICHE MASSA AGGIUNTA E BOX CHIUSO PER LA DETERMINAZIONE DEL VAS	28
2.8 I RIMANENTI PARAMETRI DI T/S	28
2.8.1 CALCOLO DELLA MASSA DEL CONO	28
2.8.2 CALCOLO DEL PRODOTTO BL	29
2.8.3 EFFICIENZA E SENSIBILITÀ	29
2.8.4 MISURA DELL'INDUTTANZA DELLA BOBINA MOBILE	30
2.9 PARAMETRI T/S DI MIDRANGE E TWEETER	32
2.10 RIASSUNTO	32
BIBLIOGRAFIA	32
APPENDICE A	33
APPENDICE B	34
3 MISURE ELETTRICHE DI IMPEDENZA A BASSA FREQUENZA	35
3.0 INTRODUZIONE	35
3.1 DETERMINAZIONE DI FSB	35

3.1.1 CARICO DEL BAFFLE INFINITO	35
3.1.2 CARICO DELLA CASSA	35
3.2 ALTOPARLANTI IN BOX CHIUSO	37
3.3 MISURA DEGLI EFFETTI DELL'ASSORBENTE ACUSTICO	39
3.4 ALTOPARLANTE IN BOX CON SINGOLA APERTURA (BASS-REFLEX)	42
3.5 UNO SGUARDO EMPIRICO ALL'IMPEDENZA DELLE LINEE DI TRASMISSIONE	45
3.6 ANOMALIE NELLA CURVA DI IMPEDENZA	45
3.6.1 ESEMPIO NO. 1	46
3.6.2 ESEMPIO NO. 2	46
3.6.3 ESEMPIO NO. 3	46
3.6.4 ESEMPIO NO. 4	47
3.6.5 DISCUSSIONE	47
BIBLIOGRAFIA	47
4 TEST ACUSTICI DI SINGOLI ALTOPARLANTI	49
4.0 INTRODUZIONE	49
4.1 IL DIAGRAMMA RISPOSTA IN FREQUENZA	49
4.2 MICROFONI PER LE MISURE DI ALTOPARLANTI	50
4.2.1 CLASSIFICAZIONE DEI MICROFONI	51
4.2.1.1 MICROFONI DINAMICI	51
4.2.1.2 MICROFONI A CONDENSATORE	51
4.2.2 QUALE MICROFONO USARE?	52
4.3 L'AMBIENTE ACUSTICO E I SUOI EFFETTI SULLA RISPOSTA IN FREQUENZA	52
4.3.1 CLASSIFICAZIONE DEGLI AMBIENTI ACUSTICI	53
4.3.2 MISURE DI SISTEMI DI ALTOPARLANTI IN AMBIENTI SEMI-RIVERBERANTI	53
4.4 TECNICHE DI MISURA DEGLI ALTOPARLANTI E SEGNALI DI PROVA	59
4.4.1 IL CAMPO LONTANO	60
4.4.2 IL CAMPO VICINO	60
4.4.3 COMBINARE LE RISPOSTE IN CAMPO VICINO E CAMPO LONTANO	61
4.4.4 MISURE A TERRA	62
4.5 SMOOTHING ANALOGICO DELLE CURVE DI RISPOSTA IN FREQUENZA	64
4.5.1 FILTRI PASSABANDA, RUMORE ROSA E L'RTA	64
4.5.2 IL VOBULATORE	67
4.6 DUE ESEMPI	68
4.6.1 LA SCELTA DELLE FREQUENZE DI INCROCIO	68
4.6.2 RISPOSTE IN CAMPO VICINO DI UN SISTEMA A CONDOTTO	69
4.7 COMMENTI FINALI	69
BIBLIOGRAFIA	70
APPENDICE A	70
5 MISURE ACUSTICHE SU SISTEMI DI ALTOPARLANTI.....	71
5.0 INTRODUZIONE	71
5.1 INTEGRAZIONE DEGLI ALTOPARLANTI NEL SISTEMA	71
5.2 ANCORA SULLE RIFLESSIONI	72
5.3 ESEMPIO DI SISTEMI A DUE VIE	73
5.3.1 ESEMPIO 5.1: UN SATELLITE A DUE VIE IN SOSPENSIONE PNEUMATICA	73
5.3.2 ESEMPIO 5.2: UN SISTEMA A BASS-REFLEX DUE VIE	76
5.3.2.1 RIPOSTA SULL'ASSE	76
5.3.2.2 RISPOSTA POLARE	78
5.3.3 ESEMPIO 5.3: UN SISTEMA MTM DUE VIE, A TRE ALTOPARLANTI.5,6,7	80
5.3.3.1 RISPOSTA SULL'ASSE	80
5.3.3.2 RISPOSTA POLARE	82
5.3.3.3 RISPOSTA POLARE VERTICALE E RETI DI CROSSOVER A BASSA PENDENZA	82
5.4 ESEMPIO 5.4: UN SISTEMA A TRE VIE, TRE ALTOPARLANTI	83
5.5 ESEMPIO 5.5: UN SISTEMA DUE VIE CON UN ALTOPARLANTE A NASTRO	84
5.6 ESEMPIO 5.6: UN SUBWOOFER DA 12"	87
5.6.1 RISPOSTA IN POTENZA DEL SUBWOOFER	88
5.7 SOMMARIO	88
BIBLIOGRAFIA:	89
6 TEMPO, FREQUENZA E LA TRASFORMATTA DI FOURIER	91
6.0 INTRODUZIONE	91
6.1 LA RISPOSTA ALL'IMPULSO	92
6.2 SEGNALI PERIODICI E LA SERIE DI FOURIER	93
6.2.1 SEGNALI PERIODICI	93
6.2.2 LA SERIE DI FOURIER	94
6.2.2.1 LA FORMA GENERALE DELLA SERIE DI FOURIER	94
6.2.2.2 LA SERIE DI FOURIER DI UN'ONDA QUADRA	95
6.2.2.3 LA SERIE DI FOURIER ED IL DOMINIO DELLA FREQUENZA	96

6.3 IL CAMPIONAMENTO ED IL TEOREMA DEL CAMPIONAMENTO	97
6.3.1 IL PROCESSO DI CAMPIONAMENTO	97
6.3.2 IL TEOREMA DEL CAMPIONAMENTO E LE IMMAGINI	97
6.3.2.1 IL TEOREMA DEL CAMPIONAMENTO	97
6.3.2.2 LE IMMAGINI ED IL FILTRO ANTI-IMMAGINI "ALIASING"	99
6.4 LA SERIE DI FOURIER DISCRETA	99
6.4.1 LA TRASFORMATATA DI FOURIER DISCRETA	99
6.4.1.1 VALUTAZIONE DEI COEFFICIENTI C_k E g_k	100
6.4.1.2 ESEMPIO 6.1	101
6.4.2 PERDITE E FINESTRE	101
6.4.2.1 ESEMPIO 6.2: PERDITE SPETTRALI	101
6.4.2.2 LA FFT VISTA COME UN BANCO DI FILTRI	102
6.4.2.3 RIDURRE LE PERDITE CON DELLE FINESTRE DATI	103
6.5 LA FFT DELLA RISPOSTA ALL'IMPULSO	104
6.5.1 ESEMPIO 6.3: FFT DELLA RISPOSTA ALL'IMPULSO DEL SISTEMA MOLLA-MASSA	104
6.5.2 ESEMPIO 6.4: FINESTRARE LA RISPOSTA ALL'IMPULSO	105
6.5.3 ESEMPIO 6.5: RIEMPIMENTO DI ZERI	106
6.6 UN MODO PRATICO PER MISURARE LA RISPOSTA ALL'IMPULSO	106
6.6.1 ESEMPIO 6.6: AUTOCORRELAZIONE E CROSS-CORRELAZIONE CON SEGNALI MLS	107
6.7 TEMPO IN CONTRAPPOSIZIONE A FASE	108
6.7.1 LA FASE E LE SINUSOIDI	108
6.7.2 LA RISPOSTA IN FASE E LA MISURA DELLA FASE	109
6.7.3 SISTEMI A FASE MINIMA	110
6.7.4 RITARDO E FASE LINEARE	111
6.7.5 RITARDO DI GRUPPO	111
6.8 DETERMINAZIONE DEL CENTRO ACUSTICO DI UN ALTOPARLANTE	112
6.8.1 ESEMPIO 6.7: DETERMINAZIONE DEL CENTRO DI FASE ACUSTICA DI UN ALTOPARLANTE ...	113
BIBLIOGRAFIA	114
7 TEST DI ALTOPARLANTI CON SISTEMI DI MISURA BASATI SU PC	115
7.0 INTRODUZIONE	115
7.1 I SISTEMI MLSSA E CLIO	115
7.1.1 MLSSA	115
7.1.2 IL SISTEMA CLIO	116
7.1.3 LA CALIBRAZIONE DI MLSSA E CLIO	116
7.2 MISURE DI IMPEDENZA E DI INDUTTANZA/CAPACITÀ	117
7.2.1 CENNI ULTERIORI SULLA TECNICA DEL PARTITORE DI TENSIONE	117
7.2.2 LA MISURA DELL'IMPEDENZA CON CLIO E MLSSA	118
7.2.3 MISURE DI INDUTTANZA E CAPACITÀ	118
7.2.4 LA MISURA DELL'IMPEDENZA CON SEGNALI DI PILOTAGGIO DI ALTO LIVELLO	121
7.3 LA MISURA DEI PARAMETRI DI THIELE/SMALL	121
7.3.1 IL METODO DEI 'TRE PUNTI' ED IL METODO DEL MODELLO ADATTATO	121
7.3.2 LA MISURA DEI PARAMETRI DI T/S CON CLIO	122
7.3.3 LA MISURA DEI PARAMETRI DI T/S CON MLSSA	122
7.4 MISURE PER LA PROGETTAZIONE E L'ANALISI DI SISTEMI DI ALTOPARLANTI	124
7.4.1 RISPOSTA ANECOICA SIMULATA DI SINGOLI ALTOPARLANTI E SISTEMI COMPLETI	124
7.4.2 LA CURVA ENERGIA NEL TEMPO (ETC)	125
7.4.3 LA RISPOSTA AL GRADINO DEL SISTEMA	126
7.4.4 IL DECADIMENTO SPETTRALE (CSD)	126
7.4.5 LA RISPOSTA IN FREQUENZA E FASE	129
7.5 LA MISURA DI SISTEMI DI ALTOPARLANTI	129
7.6 MISURE DI VALUTAZIONE ED ANALISI DELLE PRESTAZIONI DEI SISTEMI DI ALTOPARLANTI	133
7.6.1 ALCUNE CONSIDERAZIONI SUI FILTRI PASSA TUTTO	137
7.7 ALCUNI ULTERIORI ED INTERESSANTI ESEMPI	137
7.7.1 UN ULTERIORE SGUARDO ALLA LINEA DI TRASMISSIONE	137
7.7.2 ULTERIORI CENNI SULLE PERDITE SPETTRALI E SULL'USO DELLE FINESTRE	138
7.7.3 RISPOSTE CUMULATE SISTEMA DI ALTOPARLANTI/AMBIENTE	139
7.8 CONCLUSIONI	141
BIBLIOGRAFIA	141