
RICCARDO SANTOBONI



(Manuale di orchestrazione elettronica)

ad uso degli allievi di Musica Elettronica,
del Corso Superiore di Composizione,
di Sound Engineer e di Computer Music.

A mia moglie
Anna Rita

PREMESSA	9
CAP 1 ELEMENTI	11
Introduzione.	11
§1.1 Tipologia.	13
§1.2 Operatori.	14
Operatori algebrici	14
Operatori logici	19
Operatori meccanici	22
§1.3 Oscillatori.	26
Oscillatori semplici	26
Generatori random	29
Generatore random elementare	30
Generatore random sample&hold	31
Generatore random interpolato	32
Generatore random 1/f	32
Generatori a bassa frequenza	33
Oscillatore LFO	34
Generatore di inviluppo	34
Oscillatori complessi	37
§1.4 Trasformatori.	37
Trasformatori logici	38
Noise Gate	38
Sample&Hold	38
Trigger	39
Limiter	39
Threshold	40
Trigger universale	40
Counter	41
Voice-unvoice	42
Trasformatori spettrali	42
Filtri del primo ordine	42
Filtri del secondo ordine	44
Filtro Comb	45

Filtro passa tutto	47
Trasformatori spettrali complessi	48
Trasformatori di ampiezza	49
Mixer	49
Pan	50
Cross	51
Multiplexer MUX	52
Envelope follower	52
Trasformatori di altezza (pitch)	54
Harmonizer	54
Leslie	55
Doppler	55
Follower	55
Trasformatori temporali	56
Delay	56
Reverse	57
Z^{-1}	57
Loop	57
Risonatore	58
Moduli più complessi	58
§1.5 Parametri fisici del suono.	59
§1.6 Parametri percettivi del suono, parametri compositivi ed Azioni compositive.	59
§1.7 Criteri per la generazione di un timbro.	60
§1.8 Appendici.	62
LA WORKSTATION MARS	62
Il Sistema	62
L'Hardware	62
L'ambiente di sviluppo ARES	62
Le applicazioni	63
IL SISTEMA SAIPH	63
Il microcircuito Orion	65
Il sistema Betel Orionis	66
NOTE STORICHE: Giuseppe Di Giugno	69
NOTE STORICHE: Giorgio Nottoli	70
CAP 2 SINTESI PER MODELLI MATEMATICI	74
Introduzione	74

§2.1 Sintesi Additiva.	77
Formula di Mac Adams	81
Analisi percettiva delle singole armoniche	84
§2.2 Sintesi per Modulazione di ampiezza, Ring modulation, Frequency shifter.	87
Introduzione	87
Modulazione di Ampiezza	87
Implementazione su workstation MARS	93
Ring Modulation	95
Frequency shifter	102
§2.3 Sintesi per modulazione di frequenza	103
Introduzione	103
Aspetti teorici	104
Ampiezze dello spettro	107
Frequenze dello spettro	109
Spettri dinamici	114
Sintesi FM complessa	116
Configurazione con due portanti ed un modulante (<i>formanti</i>)	116
Configurazione con una portante e due modulanti	119
Convenzione utilizzata dal sintetizzatore DX7 della Yamaha	120
FM con la workstation MARS	124
§2.4 Sintesi per modulazione di fase	124
Introduzione	124
Modulazione di fase	126
§2.5 Sintesi per distorsione non lineare (wave shaping)	127
Introduzione	127
Aspetti teorici	127
Calcolo delle ampiezze delle armoniche	132
Indice di modulazione	135
Generazione ed utilizzo del Triangolo di Tartaglia	136
Polinomi di Chebycev	138
Trasformazione da polinomi di Chebycev in polinomi algebrici	139
Utilizzo del Filtro passa alto	139
Utilizzo del ring modulator	140
Implementazione su MARS	141
§2.6 Distorsione di fase	148
§2.7 Campionamento	150
Introduzione	150

Aspetti teorici	150
Campionamento	150
Sovracampionamento (oversampling)	153
Quantizzazione	154
Dithering	156
Pulse code modulation	157
Formati di trasmissione	158
Sequenze digitali	158
§2.8 Sintesi sottrattiva	168
Introduzione	168
Aspetti teorici	168
Sorgenti sonore	168
Filtraggio	170
Effetti del filtraggio nel dominio del tempo	174
Sintesi sottrattiva.	175
Sintesi sottrattiva non effettuata mediante filtraggio	178
§2.9 Sintesi LA	179
§2.10 Sintesi granulare (wave sequencing)	180
Introduzione	180
Quadro storico	181
Elementi	182
Oscillatore	182
Generatore di inviluppo	182
Organizzazione dei grani ad alto livello	183
Esempi	188
Compressione ed espansione temporale di un campione	188
Generazione di rumore colorato attraverso la sintesi granulare	189
Grani percussivi	190
Misture di nuvole	190
§2.11 Sintesi vettoriale	190
§2.12 Cross synthesis	192
Introduzione	192
Aspetti operativi	192
Mixing	192
Source filter	193
Cross mode	194
§2.13 Sintesi per formule chiuse	196

Introduzione	196
Aspetti teorici	196
§2.14 Combinazione di tecniche di sintesi	198
§2.15 Appendici	199
Note storiche: Tartaglia (Nicolò Fontana)	199
Note storiche: Jean Baptiste Fourier	199
Note storiche: Jean Claude Risset	200
Le Funzioni di Bessel di prima specie $J_k(l)$	200
Sintesi Additiva: esempi	215
I Polinomi di Chebycev $T_k(x)$	216
I formati di trasmissione digitali	217
ESERCIZI	219
CAP 3 TECNICHE DI SINTESI PER MODELLI FISICI	222
Introduzione	222
§3.1 Principi generali della produzione del suono: modellizzazione	223
§3.2 Modelli fisici	224
§3.3 Impedenza acustica	227
§3.4 Moduli	229
§3.5 Sintesi della voce per formanti	231
§3.6 Sintesi della corda con modello “Karplus Strong”	235
BIBLIOGRAFIA	237
INDICE DELLE FIGURE E DELLE TABELLE	238

Premessa

*Lo scopo di questa pubblicazione è quello di fornire agli studenti di Composizione e di Musica Elettronica presso i Conservatori e a tutti coloro che si occupano della generazione di suoni attraverso sistemi elettronici, un insieme di “strumenti di pensiero” che permettano di poter utilizzare il suono in tutte le sue molteplici potenzialità. La pubblicazione può definirsi un **manuale di orchestrazione elettronica**, (sul modello dei trattati classici di orchestrazione), nel senso che vengono dettagliatamente mostrate le peculiarità degli strumenti generatori di suono. Gli elementi fondamentali sono mirati alla comprensione e alle applicazioni della computer music, dedicando particolare cura all’iter didattico, al fine di rendere gli argomenti accessibili anche a musicisti privi di conoscenza specifica di tipo scientifico, rimandando ulteriori approfondimenti alle appendici. Un capitolo introduttivo fornisce i “codici” necessari alla descrizione e realizzazione delle tecniche di sintesi. Allo scopo di poter simulare timbri “naturali” vengono illustrati i meccanismi di produzione del suono di tipologie di strumenti musicali in modo da poter risultare aderenti ad analoghi comportamenti nella generazione di suoni sintetizzati. Nell’ottica della didattica si è dedicato uno spazio ad esempi, esercizi e test di verifica. La peculiarità della trattazione investe aspetti sia scientifici che musicali, collocandosi nella zona di confine tra musica e fisica. Tale pubblicazione costituisce inoltre una parte consistente del programma del corso di perfezionamento in Composizione Musicale Elettronica presso l’Accademia Musicale Pescarese, nonché del corso di Fisica Acustica delle facoltà di Sound Engineer e di Midi e Computer presso l’Università della Musica di Roma. Desidero ringraziare Vincenzo Lombardozzi per l’impegno profuso nella correzione della bozza.*

Roma, Febbraio 1998

L’AUTORE