

Pasquale Citera

Dipartimento di Musica Elettronica
Conservatorio di Santa Cecilia
via dei Greci 18
Roma (IT)
pasqualecitera81[at]gmail[dot]com

Lezione V- (I on-line) **Sintesi e Modulazione - 01**

Tecniche di Sintesi e Modulazione del Suono.

La Quinta Lezione è stata basata interamente sul tema della Sintesi e Modulazione del Suono. Abbiamo trattato le Tecniche di Sintesi Additiva e Sottrattiva e le Modulazioni di Ampiezza (Am) e ad Anello (Rm).

PREMESSA

Per facilitare la comprensione delle tecniche di sintesi e modulazione del suono si è ritenuto utile non utilizzare formule matematiche a vantaggio dell'esperienza d'ascolto su ciascuna tecnica.

sottostare più alla dittatura del materiale cioè alla composizione che usa suoni complessi pre-esistenti non modificabili ma al contrario poter creare per ogni composizione, suoni sempre nuovi.

1.1 SINTESI ADDITIVA

1. TECNICHE DI SINTESI

La nascita della pratica compositiva mediante strumenti elettronici porta con sé anzitutto l'esigenza di creare suoni *nuovi*, non presenti in natura ma progettati ad hoc per la composizione stessa, comporre il suono prima che col suono. Per questo, si sviluppano tecniche e tecnologie atte a *sintetizzare* e poi modificare dei suoni ottenuti tramite generatori. In accordo con la *Serie di Fourier*¹ che descrive la possibilità di rappresentare ogni onda complessa (in realtà ogni onda periodica) in una serie di suoni semplici (sinusoidali) in rapporto armonico tra loro, si inizia a considerare possibile la creazione di suoni complessi che abbiano oltre alla durata ed alla frequenza, anche la struttura interna degli armonici progettata per essere coerente con la composizione stessa. O, per dirla con le parole di Stockhausen, *si ha quindi la possibilità di non*

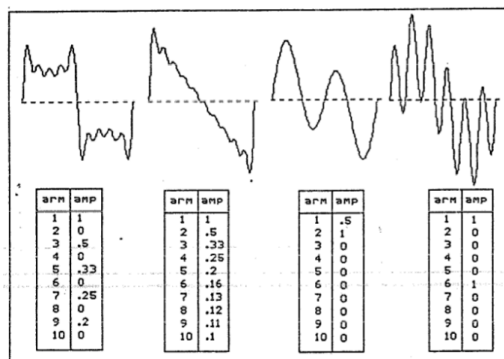
Il più semplice tipo di tecnica di sintesi del suono che si sviluppa è detta *additiva* in quanto si basa sulla sovrapposizione di suoni semplici che, a seconda della frequenza e dell'intensità delle singole armoniche, crea diverse forme d'onda più complesse. La prima tipologia usata storicamente viene detta *Sintesi additiva a spettro fisso* ovvero quella tecnica che crea suoni complessi mediante la sovrapposizione di sinusoidi che non hanno evoluzioni d'intensità o di frequenza all'interno dello stesso suono ma risultano essere semplicemente una somma statica di suoni sinusoidali. Ne è un esempio l'*Elektronische Studie II* (Studio II) di Stockhausen dove il compositore crea suoni complessi sovrapponendo sinusoidi statiche che producono timbri diversi solamente cambiando il rapporto tra le armoniche stesse.

Variando intensità e rapporti di frequen-

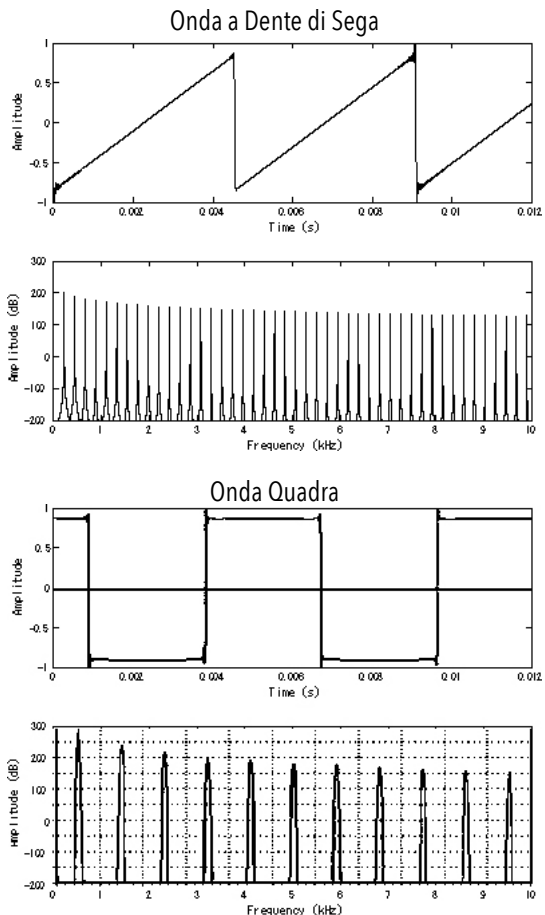
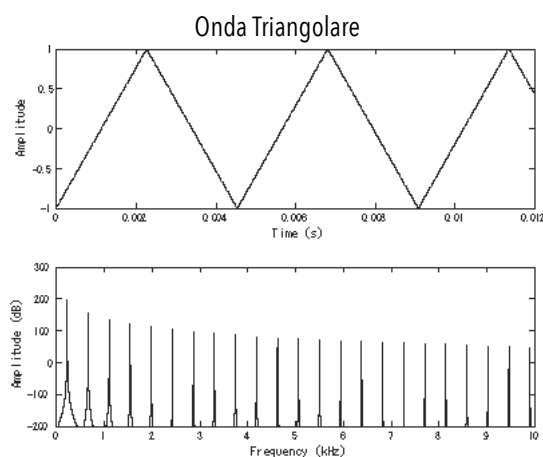
¹Per approfondimenti clicca QUI

za tra suono fondamentale ed armoniche si possono creare diverse forme d'onda con timbriche molto differenti come indicato dalla prossima figura tratta da *Il Suono Virtuale* di Riccardo Bianchini ed Alessandro Cipriani:²

Onde diverse ad intensità diverse degli armonici



Le onde complesse principali e più usate sono:



Come si può notare facilmente dalle precedenti figure, per costruire un suono complesso realmente ricco vi è bisogno di parecchi suoni sinusoidali sovrapposti. I primi studi di musica elettronica avevano possibilità molto limitate in tal senso, normalmente qualche oscillatore (lo Studio di Fonologia di Milano era famoso per averne nove) cosa che costringeva i compositori a fare parecchi passaggi di registrazione e sovrapposizione dei suoni generati con una inevitabile perdita di qualità sonora. Per questa ragione si svilupparono altre tecniche che potessero generare con più facilità spettri sonori più complessi.

²Riccardo Bianchini, Alessandro Cipriani, *Il Suono Virtuale*; ConTempoNet, 2001

1.2 SINTESI SOTTRATTIVA

La tecnica detta Sintesi Sottrattiva è stata la seconda ad essere usata nella generazione dei suoni sintetici e, anche se basa il suo concetto fondamentale sulla stessa Serie di Fourier della Sintesi Additiva, ha come pratica il procedimento inverso ovvero piuttosto che la sovrapposizione di suoni semplici per arrivare ad uno complesso, si giunge al suono richiesto tramite *filtraggio* ovvero sottrazione di frequenze di un suono estremamente ricco, di solito un rumore *bianco*.³ Gli strumenti base di questa tecnica, oltre ai generatori di rumore, sono quindi i filtri.

1.2.1 FILTRI

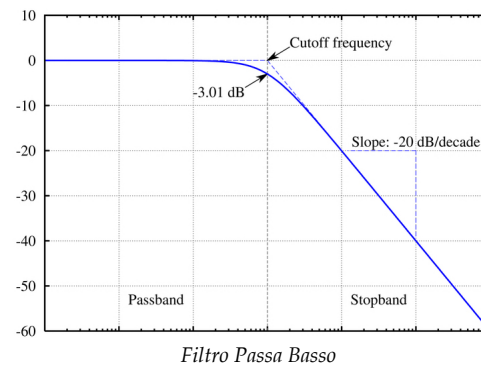
I filtri sono quegli strumenti che permettono di selezionare, enfatizzare od eliminare delle bande di frequenza dal segnale originale. Vengono identificati dalla *frequenza di taglio* (f_c o *cutoff frequency*) ovvero il punto dello spettro sonoro in cui il filtro inizia ad agire facendo subire una modifica di intensità pari a 3dB. Vi sono parecchie tipologie di filtri, ma trattiamo i quattro tipi più usati nella Sintesi Sottrattiva:

- Filtri Passa Basso o *Low Pass*

Sono quei filtri che permettono il passaggio delle frequenze al di sotto della soglia definita dalla frequenza di taglio f_c eliminando progressivamente quelle superiori alla suddetta soglia. La cancellazione delle frequenze superiori alla f_c non è netta ma progressiva, dipendente dalla cosiddetta *pendenza* o *slope* del filtro ovvero, partendo

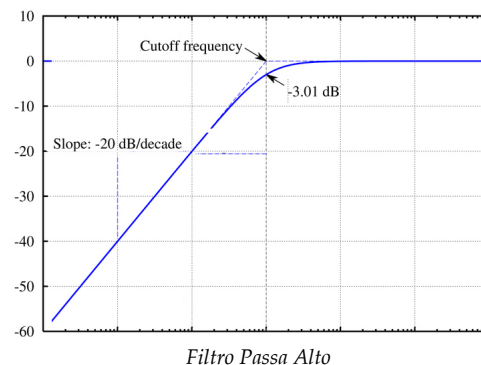
dalla f_c quanti dB vengono eliminati ogni ottava (raddoppio della frequenza).

Esempio: Un filtro passa basso a 400 Hz -12dB/oct lascerà invariate le frequenze da 0 a poco prima dei 400Hz; a 400 Hz si avrà una diminuzione di 3dB, ad 800Hz di 12dB, a 1200Hz di 24 dB e via dicendo.



- Filtri Passa Alto o *High Pass*

Il concetto è identico al filtro Passa-Basso ma il funzionamento è inverso; lascia intatte le frequenze al di sopra della f_c ed elimina progressivamente le frequenze al di sotto della soglia.



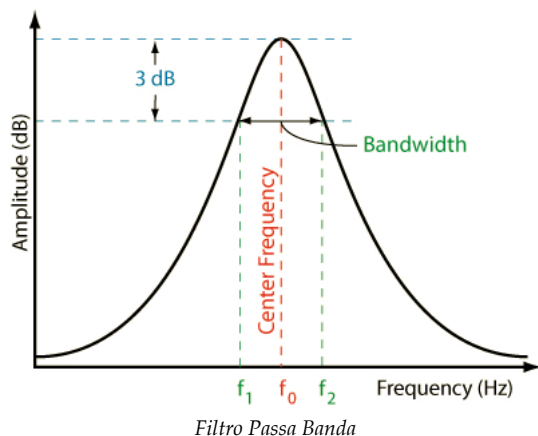
- Filtri Passa banda o *Band Pass*

I filtri Passa Banda (o *Band-Pass*) permettono di lasciare invariato un intervallo compreso tra due frequenze e di eliminare pro-

³Per approfondimento, clicca QUI.

gressivamente tutte le frequenze inferiori e superiori a questo intervallo. Questi filtri hanno come parametri la frequenza centrale dell'intervallo e la larghezza di banda (*bandwidth*) che identifica la frequenza di taglio inferiore e quella superiore che subiscono la perdita di 3dB d'intensità, oltre le quali inizia l'eliminazione delle frequenze in eccesso.

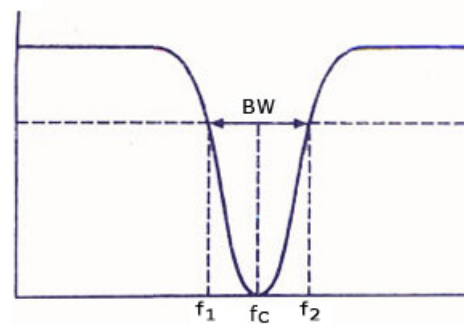
Esempio: Un filtro Passa Banda a 400 Hz con una larghezza di banda di 100Hz, avrà come Frequenza inferiore di taglio (f_1) 350Hz e Frequenza superiore di taglio (f_2) 450Hz che perderanno 3dB d'intensità; al di sotto di 350Hz ed al di sopra dei 450Hz il filtro eliminerà progressivamente tutte le altre frequenze presenti.



- Filtri a Reiezione di Banda o *Band Rejection*

L'inverso dei filtri Passa Banda. Tramite gli stessi parametri di controllo dei Passa Banda, eliminano le frequenze comprese tra un intervallo ($f_1 - f_2$) e lasciano invariato le frequenze superiori ed inferiori alle tue frequenze di taglio.

⁴Lorenzo Seno, *Modulazione di ampiezza e ad anello*, Dispense di elaborazione analogica e numerica del segnale sonoro per la musica elettronica, 2007



Attraverso questi strumenti, i compositori negli anni Cinquanta riescono a sintetizzare una notevole quantità di suoni complessi. Ne è un esempio la composizione *Continuo* di Bruno Maderna del 1958.

1.3 MODULAZIONI

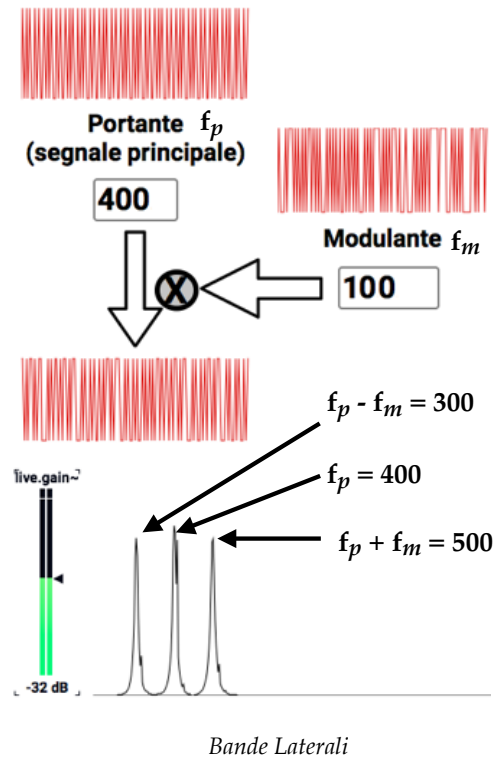
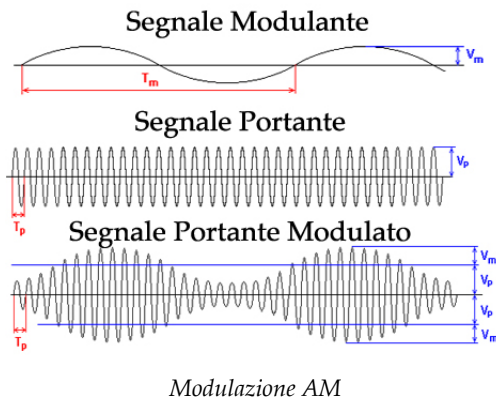
Le modulazioni sono quelle tecniche che permettono la modifica o l'arricchimento di uno spettro sonoro. Venivano usate, specialmente nei primi tempi della musica elettronica, per riuscire ad avere spettri più complessi usando poche combinazioni di generatori sonori, avendo la possibilità di creare delle modifiche dinamiche del timbro controllando agevolmente pochi parametri. Sono composte basilarmente da due elementi: un segnale audio principale (chiamato *portante* o *carrier*) ed un segnale che va ad influire sul segnale principale, modulandolo (chiamato appunto *modulante* o *modulator*). Tra le numerose tecniche di modulazione, citiamo le tre più usate.

1.3.1 MODULAZIONE D'AMPIEZZA - AM

AM - Amplitude Modulation

È quella tecnica d'elaborazione del segnale che deriva dalle radiotrasmissioni e da alcune tecniche di misura nel campo del-

la elettronica analogica e che a queste deve gran parte della sua terminologia.⁴ Si ha modulazione d'ampiezza quando un segnale detto *modulante*, viene utilizzato per modificare l'ampiezza del segnale principale (detto *portante*).



Come si può notare dalla figura precedente il risultato di questo processo di modulazione è la variazione di intensità del suono portante mentre la sua frequenza non subisce variazioni. Se il suono modulante ha una frequenza d'oscillazione molto bassa (da 0 a 16 Hz circa), il suono portante oscilla in ampiezza, il risultato cioè è un tremolo. Nel momento in cui l'oscillazione del suono modulante è superiore a 16Hz si creano, in aggiunta della frequenza principale, altre due frequenze pari alla somma e alla sottrazione della portante e della modulante chiamate *bande laterali*.

Esempio: Con una frequenza portante di 400Hz (f_p) ed una frequenza modulante di 100 Hz (f_m) in uscita si avranno, oltre alla frequenza a 400 Hz, una a 300Hz ($f_p - f_m$) ed un'altra a 500 Hz ($f_p + f_m$).

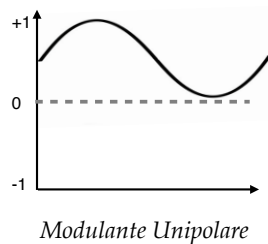
⁴Lorenzo Seno, *op. cit.*

1.3.2 MODULAZIONE AD ANELLO - RM

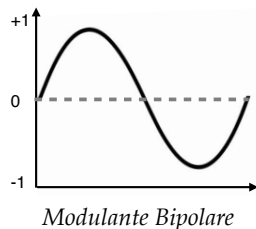
RM - Ring Modulation

La tecnica che nella pratica d'elaborazione elettronica dei segnali musicali viene indicata come Modulazione ad Anello, sul piano della filologia ha un errore di nomenclatura e di natura concettuale. Il *Ring Modulator* risale ai primi sintetizzatori analogici (Moog, Buchla, ecc.) ed era il cuore di uno strumento di misura chiamato *lock-in amplifier* e serviva per demodulare un segnale in modo sincrono al segnale modulante. Nella pratica musicale elettronica invece si intende usualmente indicare col termine Modulatore ad Anello quello che in realtà si identifica con il nome di *Modulazione d'ampiezza a portante soppressa* oppure come *modulazione ad anello a prodotto* (*product-type ring modulation*).⁵ Senza en-

trare nel merito delle differenze di tipologia, trattiamo la modulazione ad anello per quel che s'usa intendere nella composizione ed elaborazione musicale elettronica. Come accennato, questa tecnica è affine alla modulazione d'ampiezza. Anzi è identica nei principi e nel funzionamento tranne che per un aspetto fondamentale. Ogni suono musicale normalmente oscilla tra valori negativi e valori positivi sia nella trasduzione analogica che nella conversione digitale (corrispondenti alle fasi di compressione e rarefazione dell'onda acustica). Nella Modulazione d'Ampiezza, il segnale modulante invece oscilla tra soli valori positivi, e viene indicato come *modulante unipolare*.

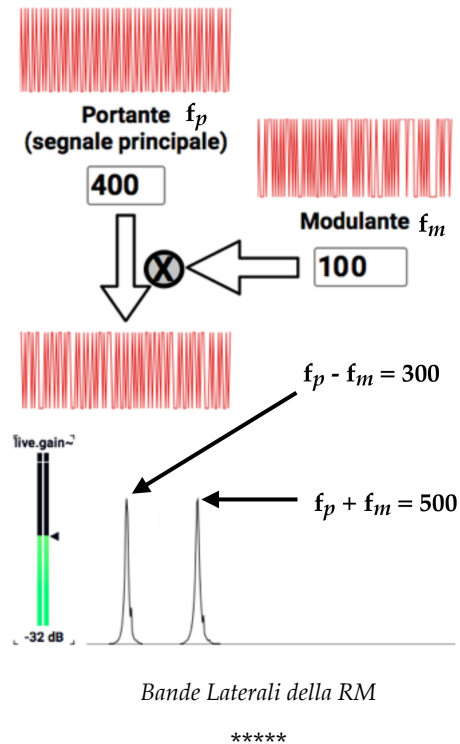


Nella Modulazione ad Anello invece, il segnale modulante oscilla tra valori positive e negativi, detto quindi *modulante bipolare*.



Questa semplice differenza, determina, in uscita un segnale modulato diverso rispetto a quello che crea l'AM. La differenza consiste nella scomparsa del segnale originale a beneficio delle sole bande laterali. Ovvero, lo spettro in uscita della modulazione avrà le stesse bande laterali

create dall'AM ma prive della Frequenza portante. Potremmo semplificare dicendo che l'AM lascia intatto il segnale originale (portante) ed aggiunge ad esso le bande laterali date dal prodotto, mentre l'RM dà come risultato soltanto le bande laterali cancellando la frequenza portante.



Bibliografia

- MAX V. MATHEWS, estratti da *The Technology of Computer Music*; Max V. Mathews, Joan E. Miller, F. R. Moore, John R. Pierce, J. C. Risset. M.I.T. Press, 1977
- CURTIS ROADS, *Microsound*, MIT Press, Cambridge 2001
- RICCARDO BIANCHINI, ALESSANDRO CIPRIANI, *Il Suono Virtuale*; ContempoNet, 2001
- HENRI POUSSEUR, *La Musica Elettronica*; Feltrinelli, Milano 1976

Brani citati e/o consigliati:

Sintesi Additiva:

- Karlheinz Stockhausen - Elektronische Studie II [1954] <https://youtu.be/bwj6ZptPnDo>
- Franco Evangelisti - Incontri di Fasce Sonore [1956] <https://youtu.be/7ZUJMbNfUTE>

Sintesi Sottrattiva:

- Bruno Maderna - Continuo [1958] <https://youtu.be/NkjaBbJSaWQ>

Modulazione RM

- Karlheinz Stockhausen - Mantra [1970] <https://youtu.be/nE02V2YOvRI>
- Lecture tenuta da K. Stockhausen su Mantra [1973] <https://youtu.be/X8K9gkuHpMo>