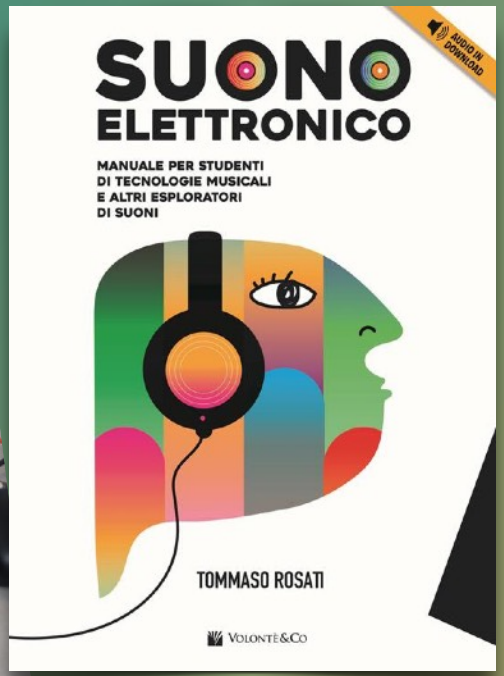
ADDITIVA
SOTTRATTIVA
RM-AM
FM
PHASE DISTORTION
WAVESHAPING
MODELLI FISICI
GRANULARE
PER CAMPIONI
WAVETABLE

SINTESI SONORA

INTERACTIVE GRAPHIC
PLAY

IL LIBRO È
ORA
DISPONIBILE
IN TUTTI
GLI STORE!

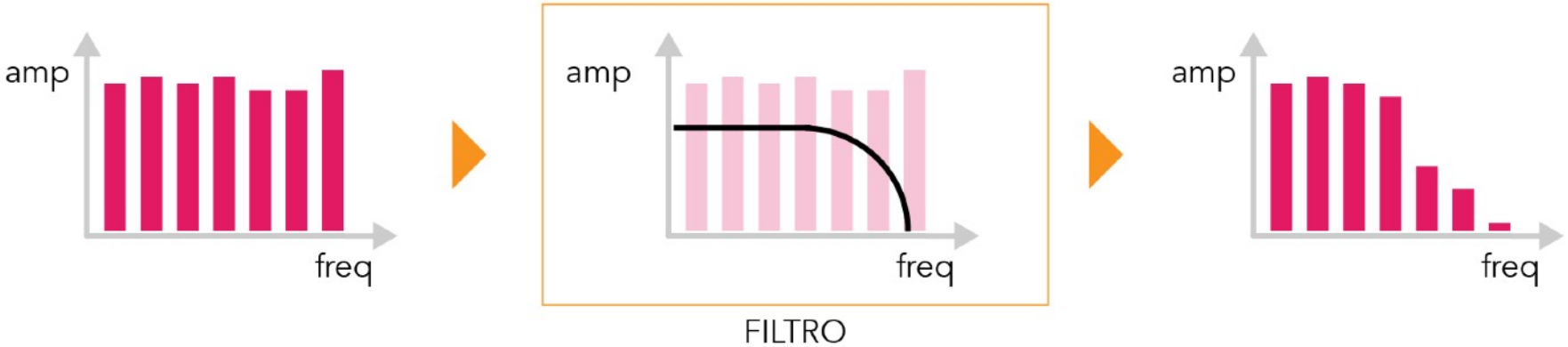


TOMMASO ROSATI
SOUND ART

Concetti di base

FILTRO

Un **filtro** è un dispositivo che agisce prevalentemente su alcune frequenze contenute in un suono attenuandone o enfatizzandone l'ampiezza*.

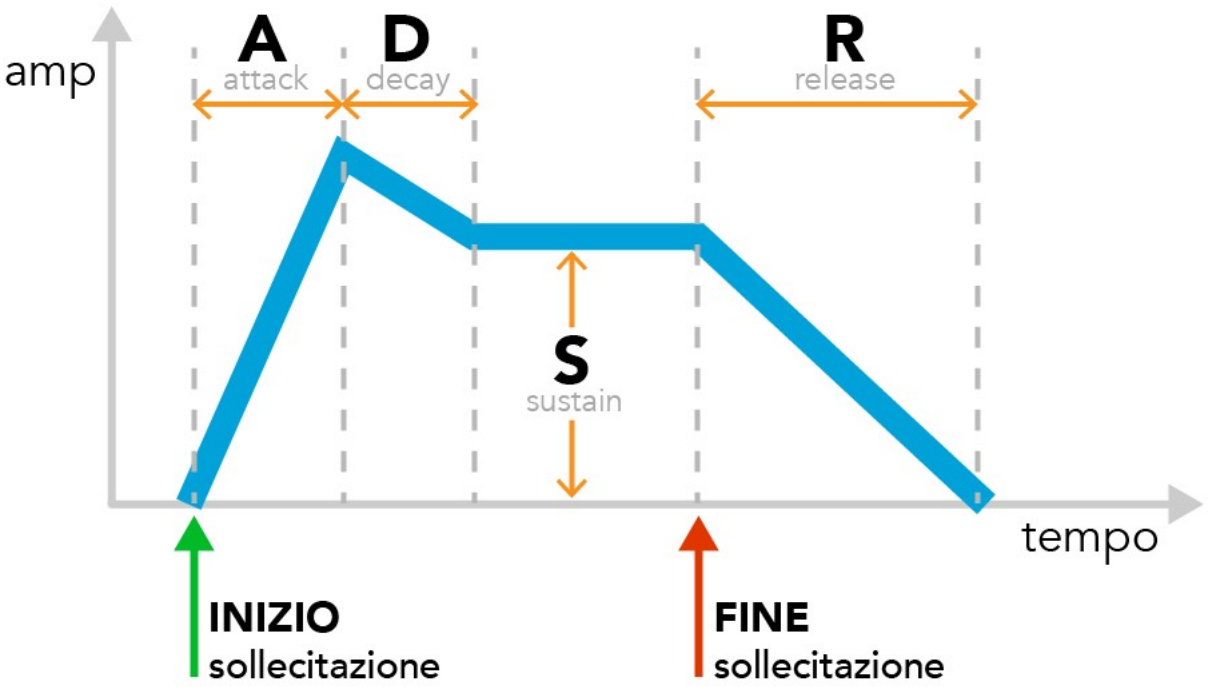


* e/o cambiandone la fase.

Concetti di base

INVILUPPO

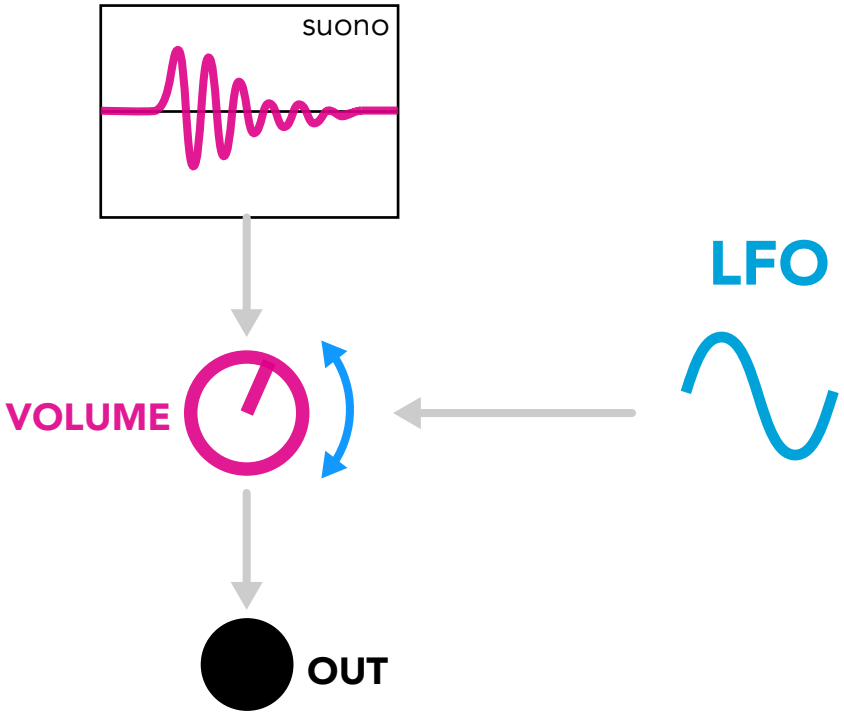
L'**inviluppo** è l'andamento dell'ampiezza di un suono (o di un altro parametro) dall'inizio della sollecitazione dello strumento fino all'estinzione del suono stesso (o dell'altro parametro a cui è stato applicato).



Concetti di base

LFO (Low Frequency Oscillator)

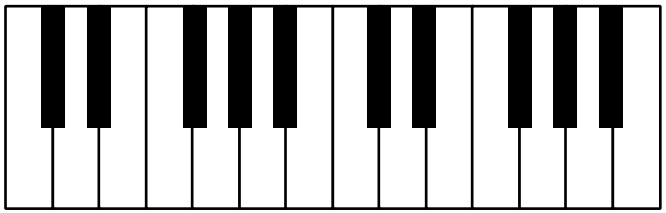
Per **LFO** si intende un oscillatore utilizzato per modulare un parametro del nostro sistema di sintesi.



Concetti di base

CV (Control Voltage, Controllo in Tensione)

Il **CV** è il sistema con il quale i synth analogici controllano i vari parametri.
Può essere regolato per esempio con un knob o anche con la tastiera musicale, nel caso dell'intonazione.



VCO [voltage control oscillator]
regola l'intonazione della nota

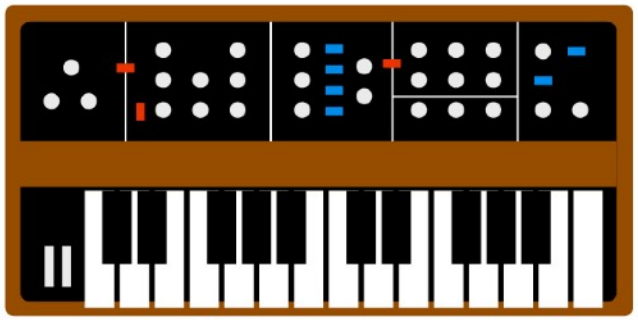
VCF [voltage control filter]
regola i parametri del filtro

VCA [voltage control amplitude]
regola l'ampiezza di uscita (inviluppo)

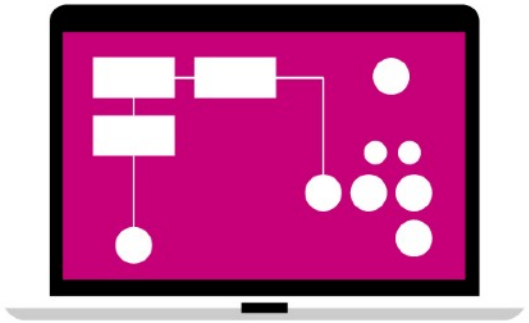
Hardware o Software

La sintesi sonora può essere attuata da hardware cioè macchine fisiche dedicate oppure software cioè programmi eseguiti su un computer

HARDWARE



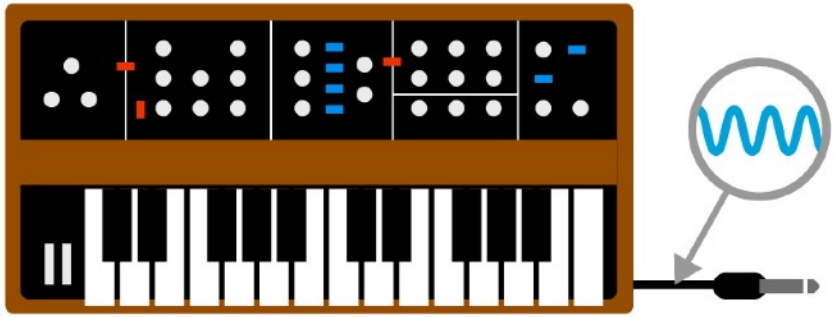
SOFTWARE



Analogici o Digitali

Nel caso del software chiaramente sarà tutto in digitale mentre nei sintetizzatori hardware possiamo trovare parti di circuito analogico ma anche parti digitali.

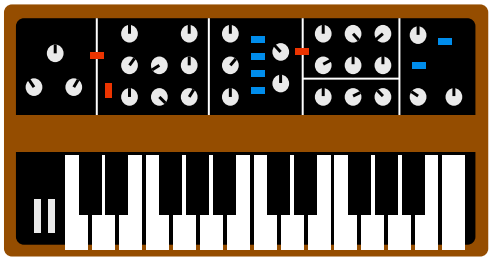
ANALOGICI



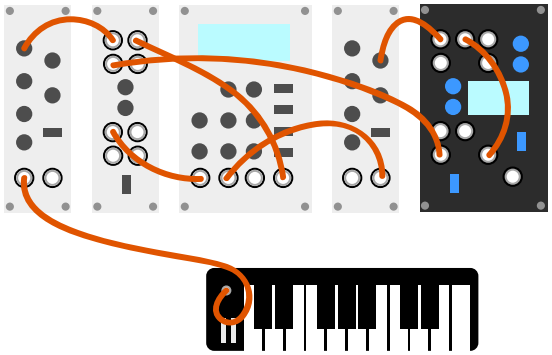
DIGITALI

Integrati/Modulari/Semi-Modulari

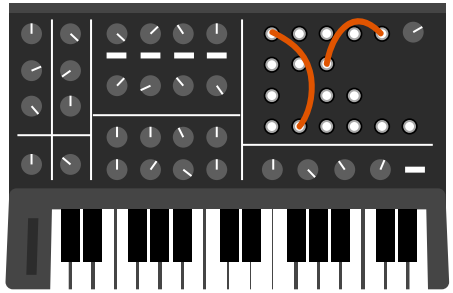
I sintetizzatori standalone **(integrati)** hanno un circuito interno che non può essere modificato e che permette solo la variazione di parametri attraverso dei potenziometri.
I sintetizzatori **modulari** sono formati da moduli separati che possono essere collegati a piacere.
I **semi-modulari** adottano un approccio misto.



standalone



modulare



semi-modulare

Tecniche Lineari

Basandosi su operazioni di somma e differenza, a un aumento della complessità dell'algoritmo corrisponde un aumento proporzionale e lineare della complessità del suono prodotto.

ADDITIVA, SOTTRATTIVA, GRANULARE

Tecniche Non Lineari

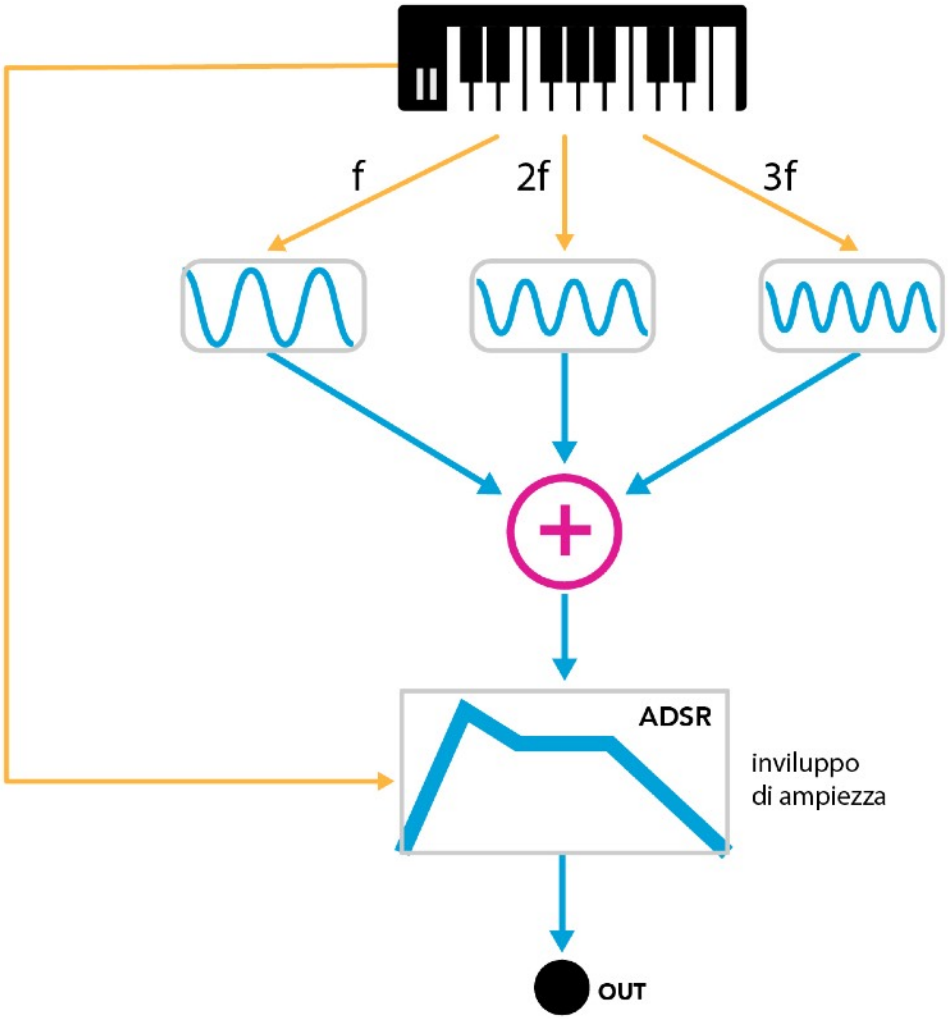
Queste tecniche si ottengono essenzialmente mediante distorsione di un segnale da parte di un altro. Come tali non sono lineari perché il risultato sonoro non varia in proporzione alla complessità dei segnali coinvolti ma segue relazioni di altra natura.

AM, RM, FM WAVESHAPING

SINTESI ADDITIVA

Si tratta di una tecnica di sintesi sonora basata sulla somma di un certo numero di onde sinusoidali opportunamente intonate.

Pur permettendo teoricamente di poter riprodurre qualsiasi suono esistente, in realtà per timbri complessi è molto onerosa da un punto di vista computazionale.

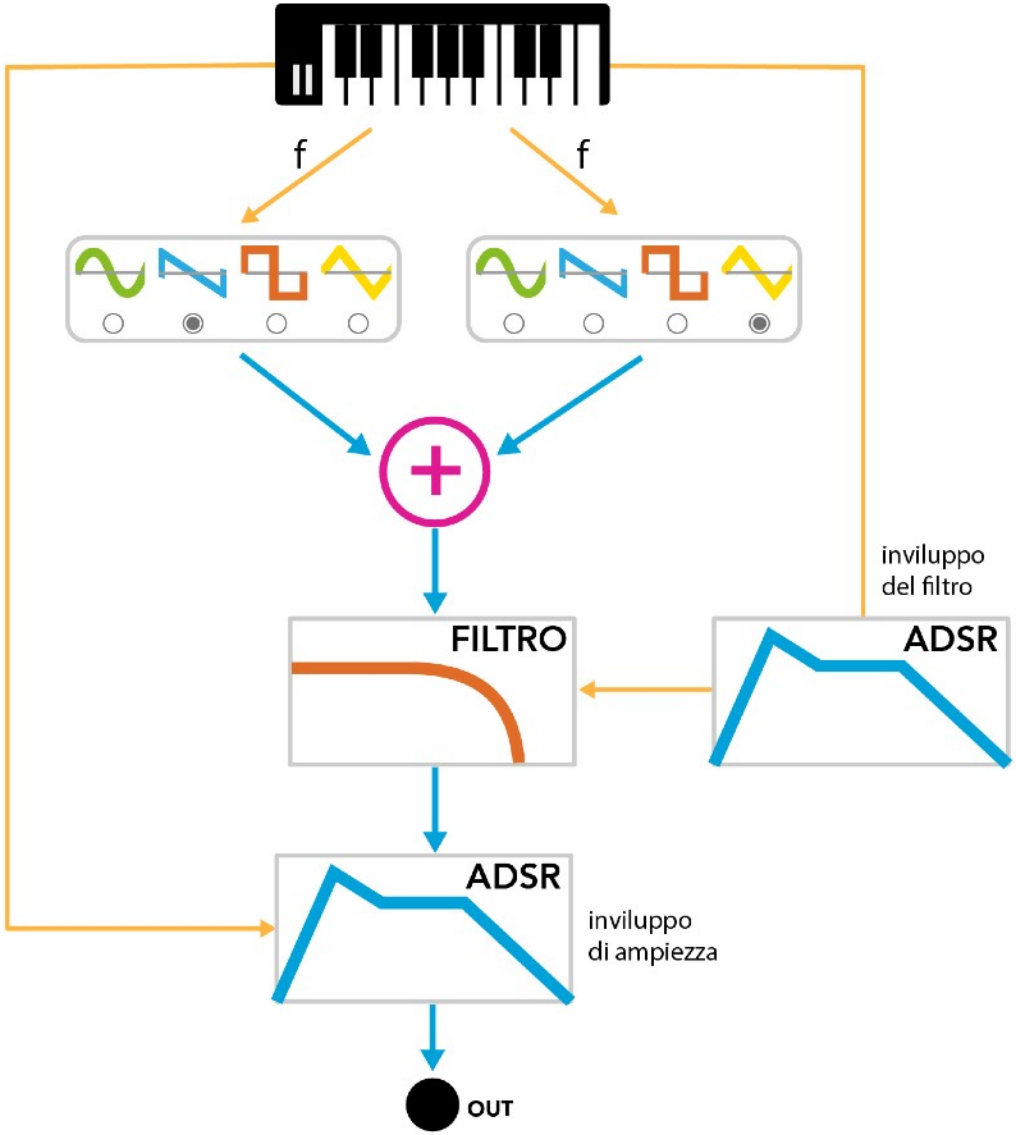


SINTESI ADDITIVA

Hammond Organ B3 (Model A from 1935)

SINTESI SOTTRATTIVA

Da uno o più oscillatori solitamente con elevata produzione di armoniche si interviene con un **sistema di filtri** allo scopo di modificare il timbro in uscita.



SINTESI SOTTRATTIVA

Minimoog Model D (1971)

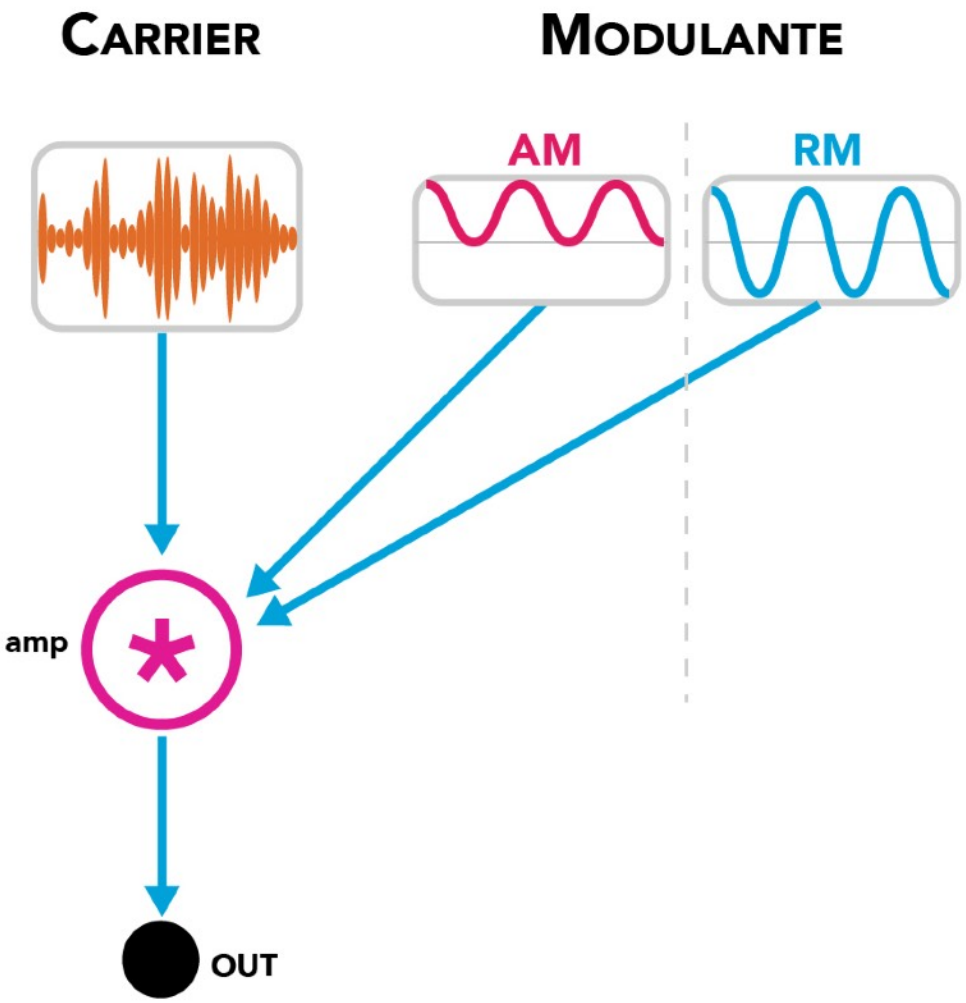
SINTESI SOTTRATTIVA

ANALOG in Ableton Live

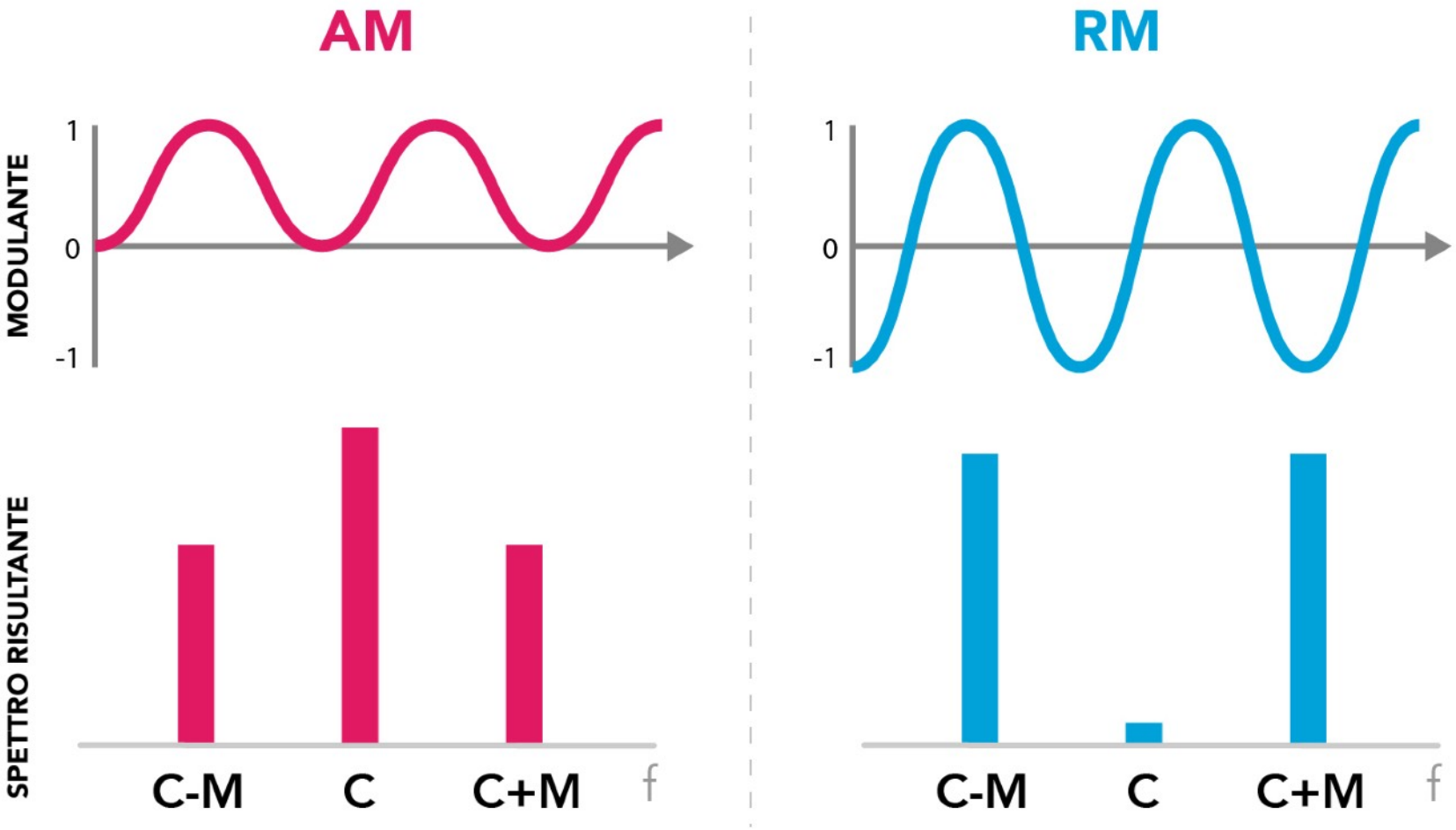
SINTESI AM (AMPLITUDE MODULATION) E RM (RING MODULATION)

La **modulazione di ampiezza** è una tecnica di sintesi che pone una sinusoide a controllo dell'ampiezza di un suono.

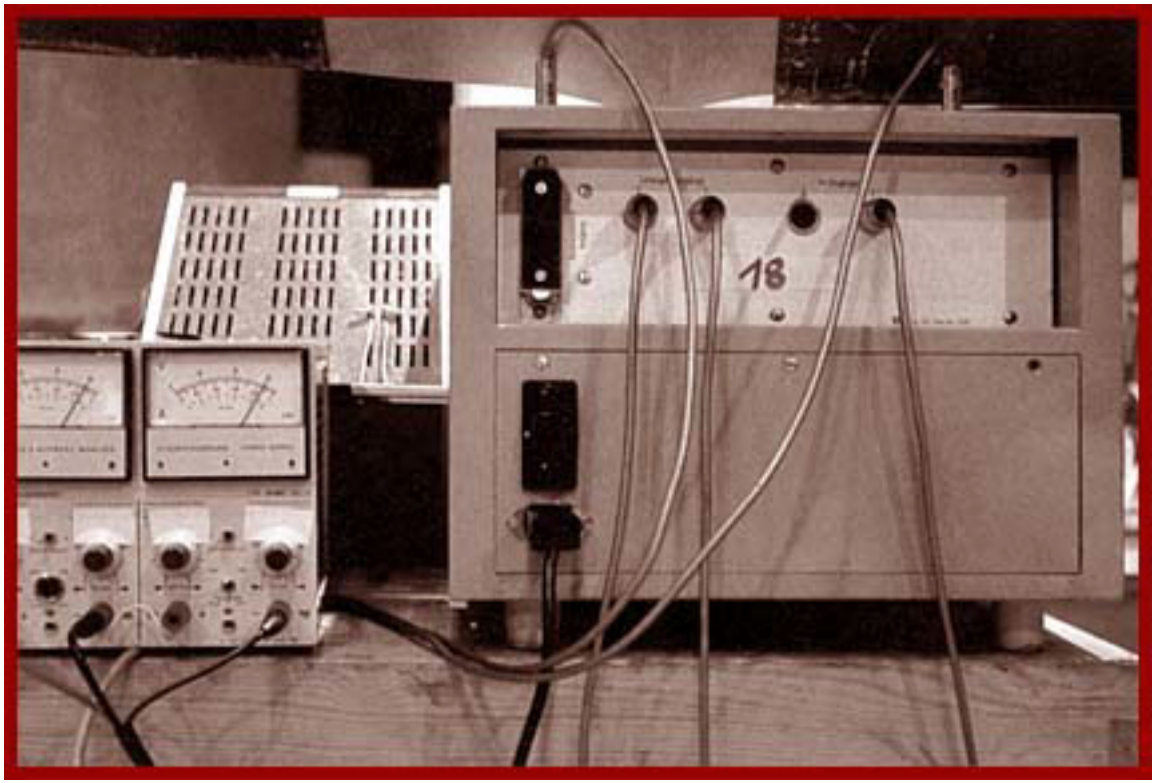
Il risultato è la creazione di due bande frequenziali laterali ad ognuna delle parziali in ingresso. La sola differenza tra AM e RM sta nei valori di oscillazione della sinusoide modulante (da 0 a 1 ho AM e da -1 a 1 ho RM).



AM (amplitude modulation) e RM (ring modulation)

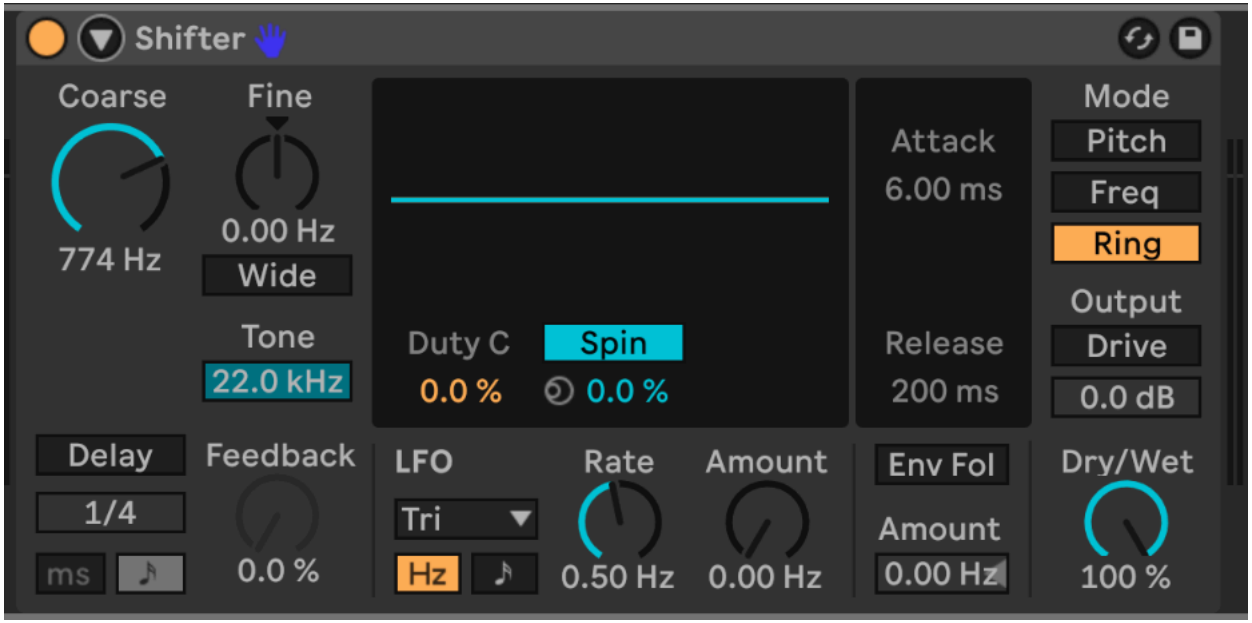


AM (amplitude modulation) e RM (ring modulation)



Ring Modulator, studio di Colonia (1955)

AM (amplitude modulation) e RM (ring modulation)



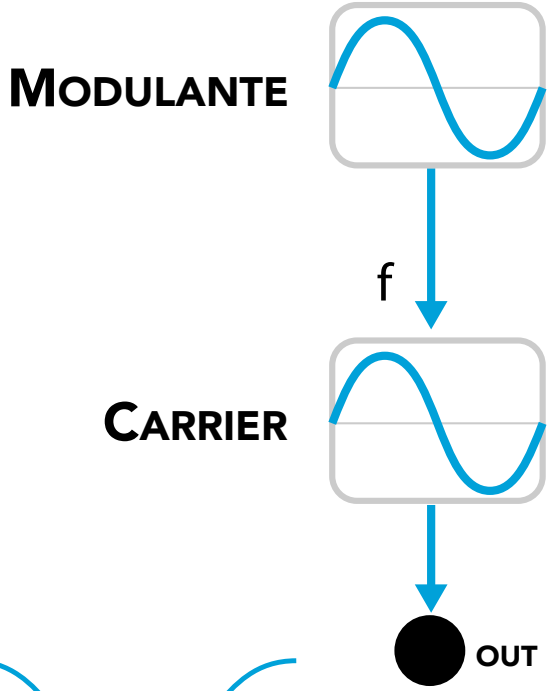
SHIFTER audio effect in Ableton Live

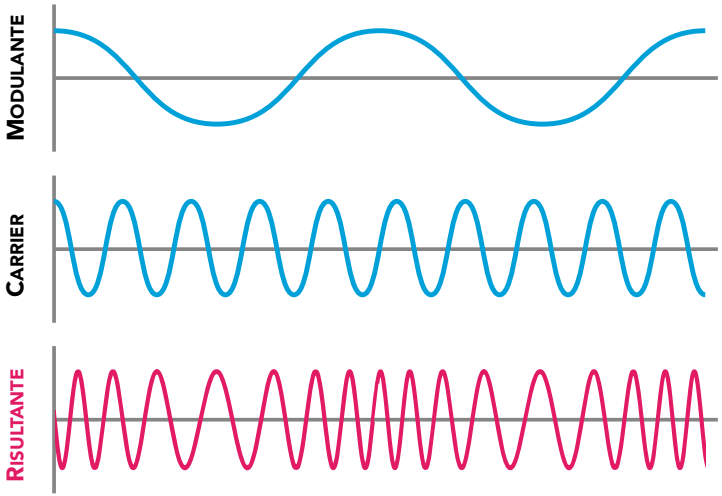
SINTESI FM (FREQUENCY MODULATION)

Una forma d'onda semplice (Carrier) viene modificata **modulando la sua frequenza** con una sinusoide di modulazione (Modulante), ottenendo una forma d'onda e un timbro più complessi.

Nella sintesi di suoni armonici il segnale di modulazione deve avere una relazione armonica con il segnale portante originale. Al crescere della modulazione della frequenza aumenta anche la complessità del suono ottenuto.

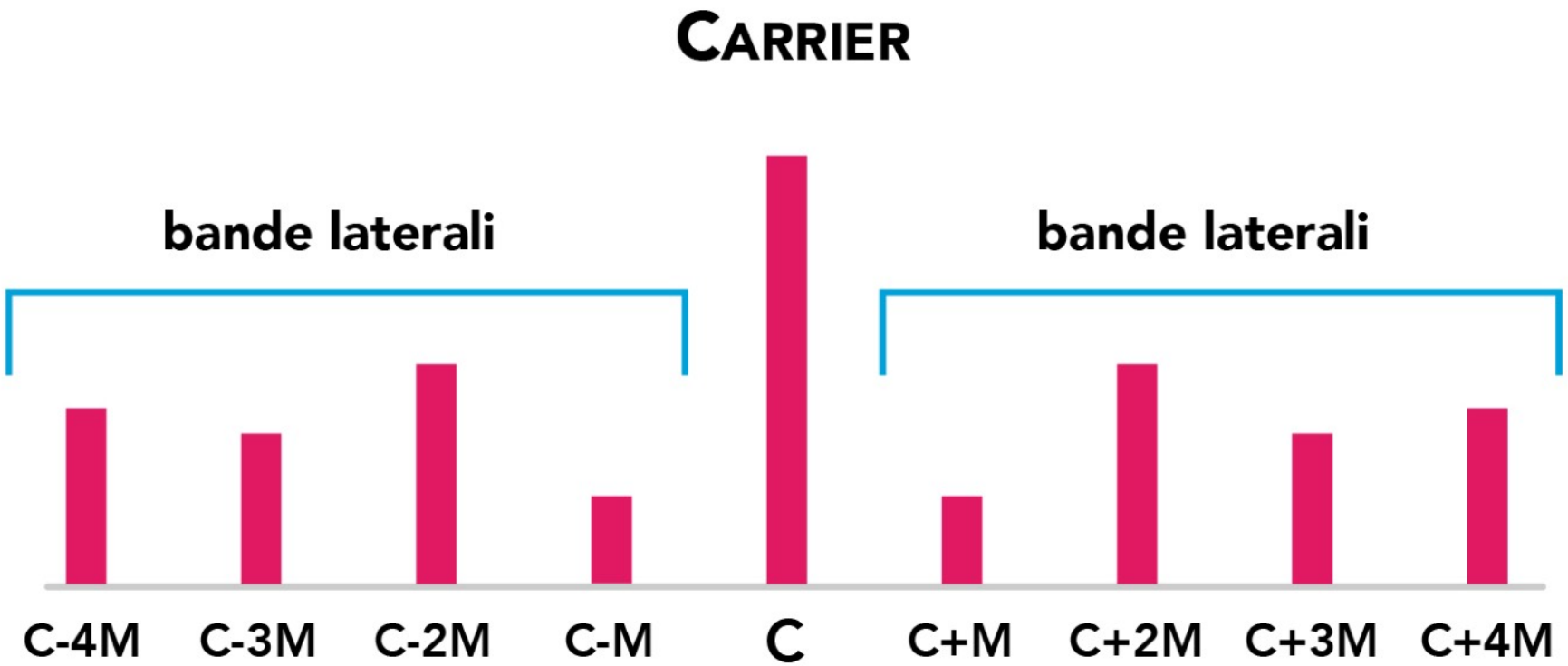
E' un sistema di sintesi non lineare.





SINTESI FM

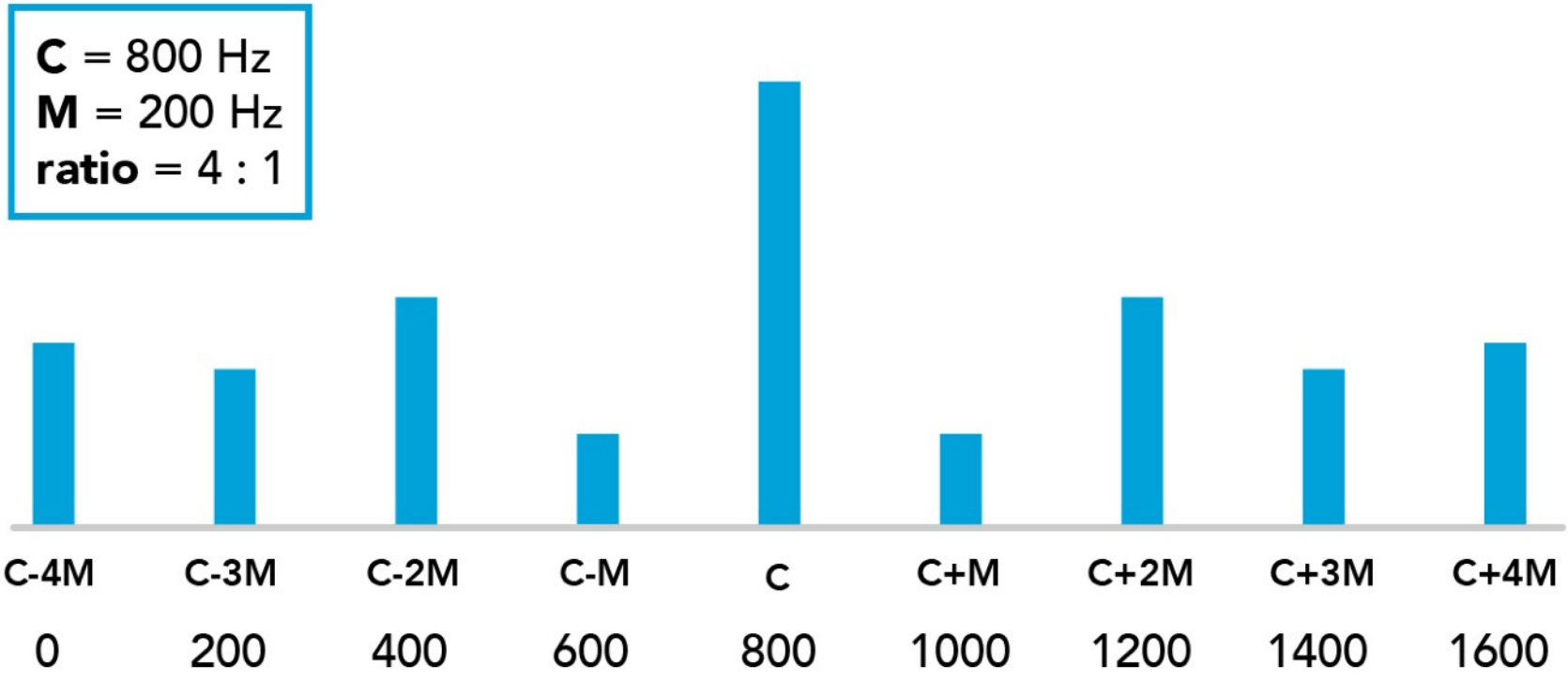
Una FM creata con 2 sinusoidi (C=carrier e M=modulante) crea una serie di **bande laterali intorno a C multiple di M**.



SINTESI FM

POSIZIONE DELLE BANDE (C:M)

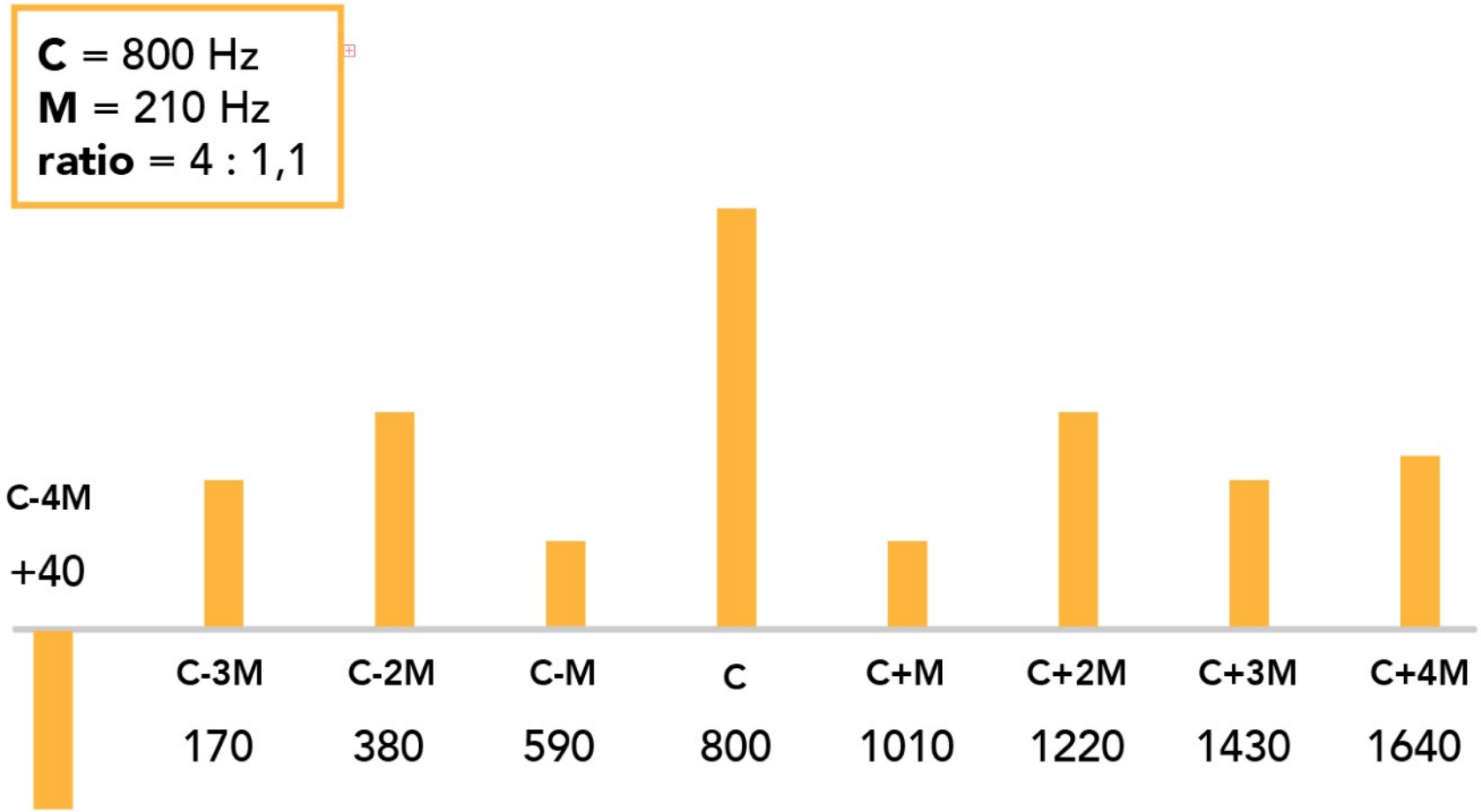
La posizione delle bande dipende dal rapporto che c'è tra Carrier e Modulante (**C:M ratio**). Quando questo valore è un numero intero (per es. 4:1) l'FM genera uno spettro armonico.



SINTESI FM

POSIZIONE DELLE BANDE (C:M)

Quando il **C:M ratio** invece non è intero (per es. 8:2,1) ottengo uno spettro inarmonico.



SINTESI FM

QUANTITA' di BANDE (I=Indice di Modulazione)

Il numero di bande presenti nel timbro è controllato dall'**Indice di Modulazione (I).**

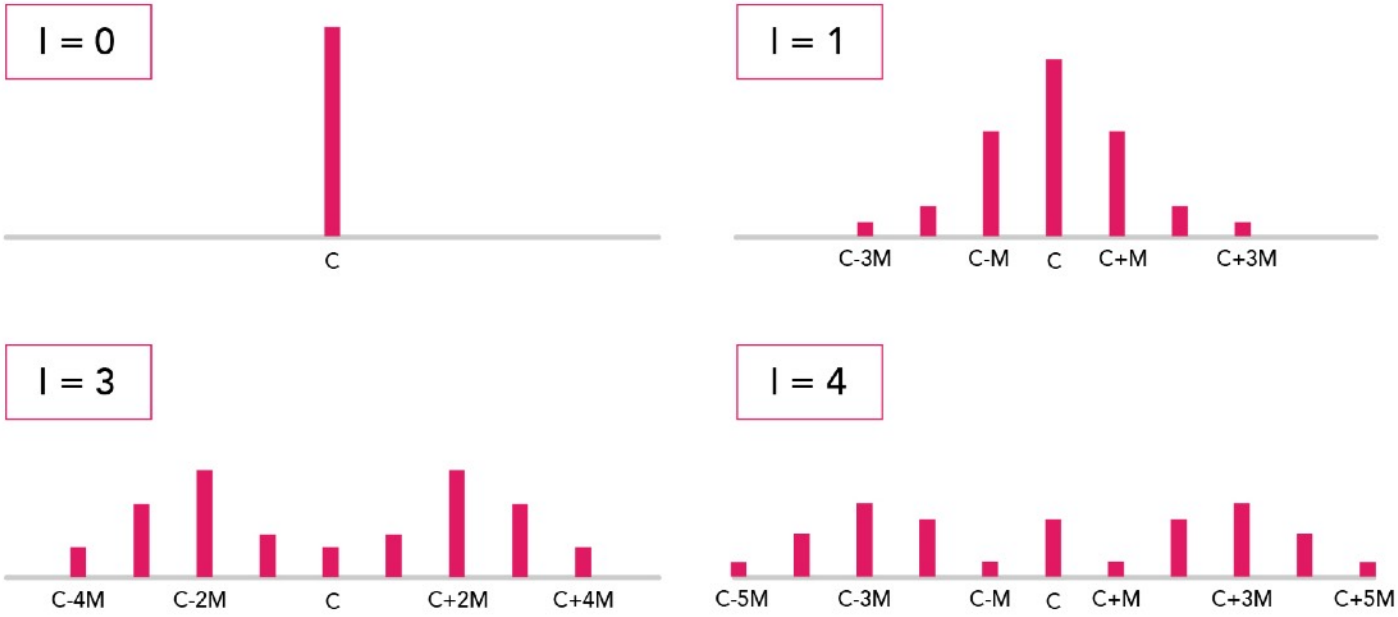
$$I = \frac{D}{M}$$

Deviazione tra C e M

Frequenza di M

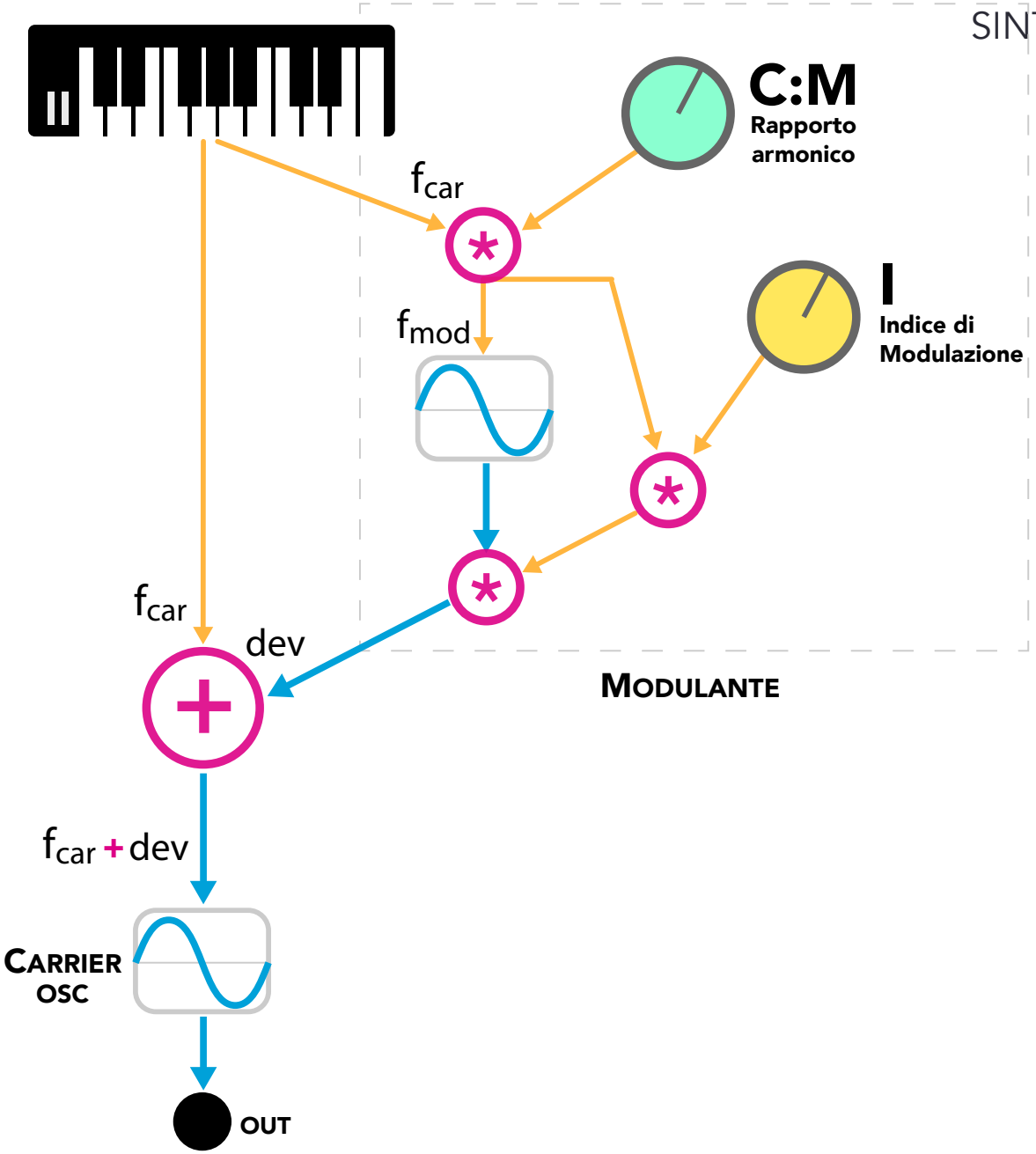
$$I * M = D$$

Moltiplicando l'indice di modulazione per la frequenza della modulante ottengo la Deviazione che altro non è che l'ampiezza dell'onda modulante. Più ampia è e più l'FM è incisiva.



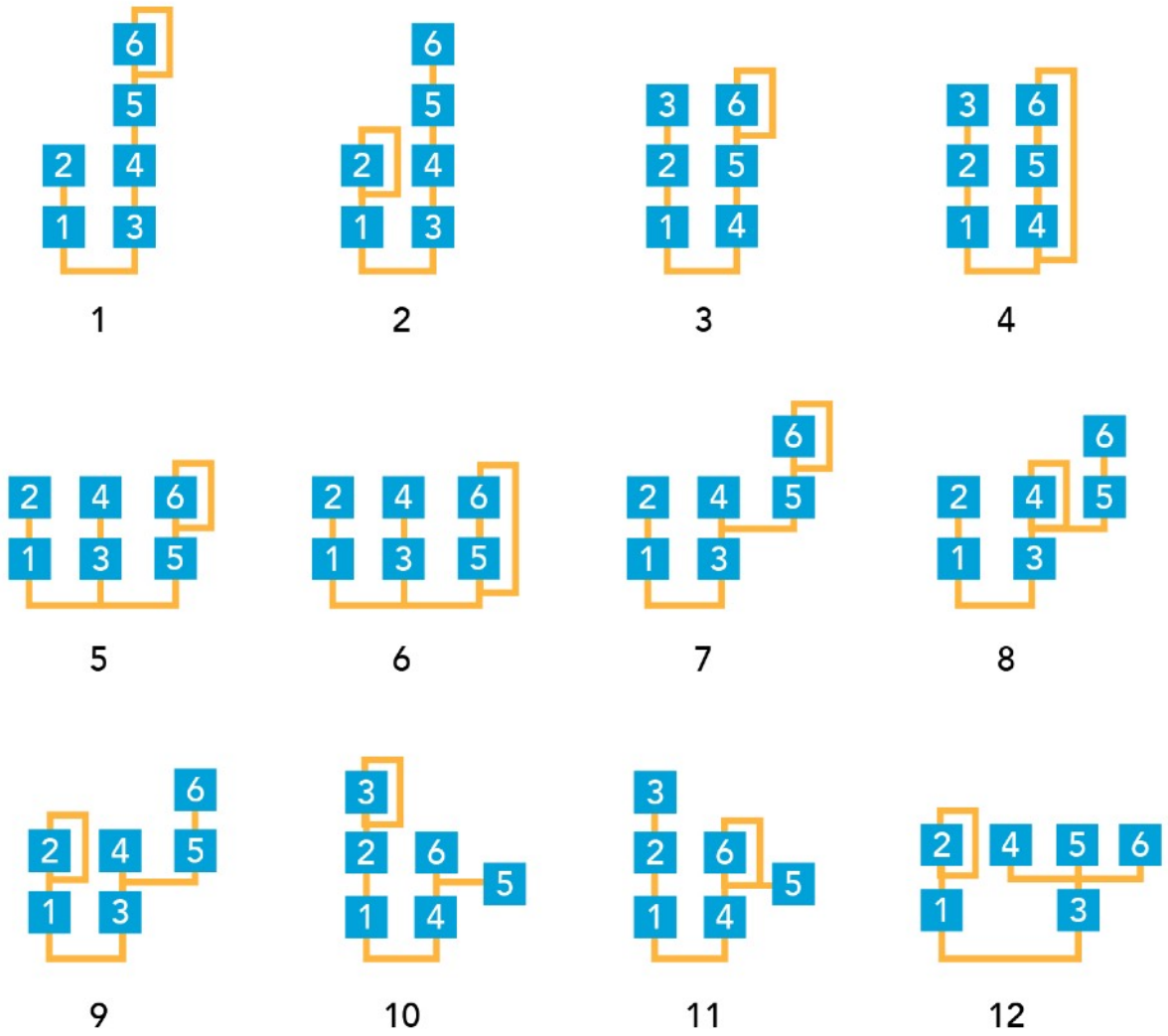
Con l'aumentare dell'indice di modulazione si formano sempre più bande laterali e l'energia del Carrier viene via via distribuita sulle bande create.

SINTESI FM


C:M
Rapporto armonico
I
Indice di Modulazione
f_{car}
f_{mod}
MODULANTE
f_{car}
dev
f_{car} + dev
CARRIER OSC
OUT

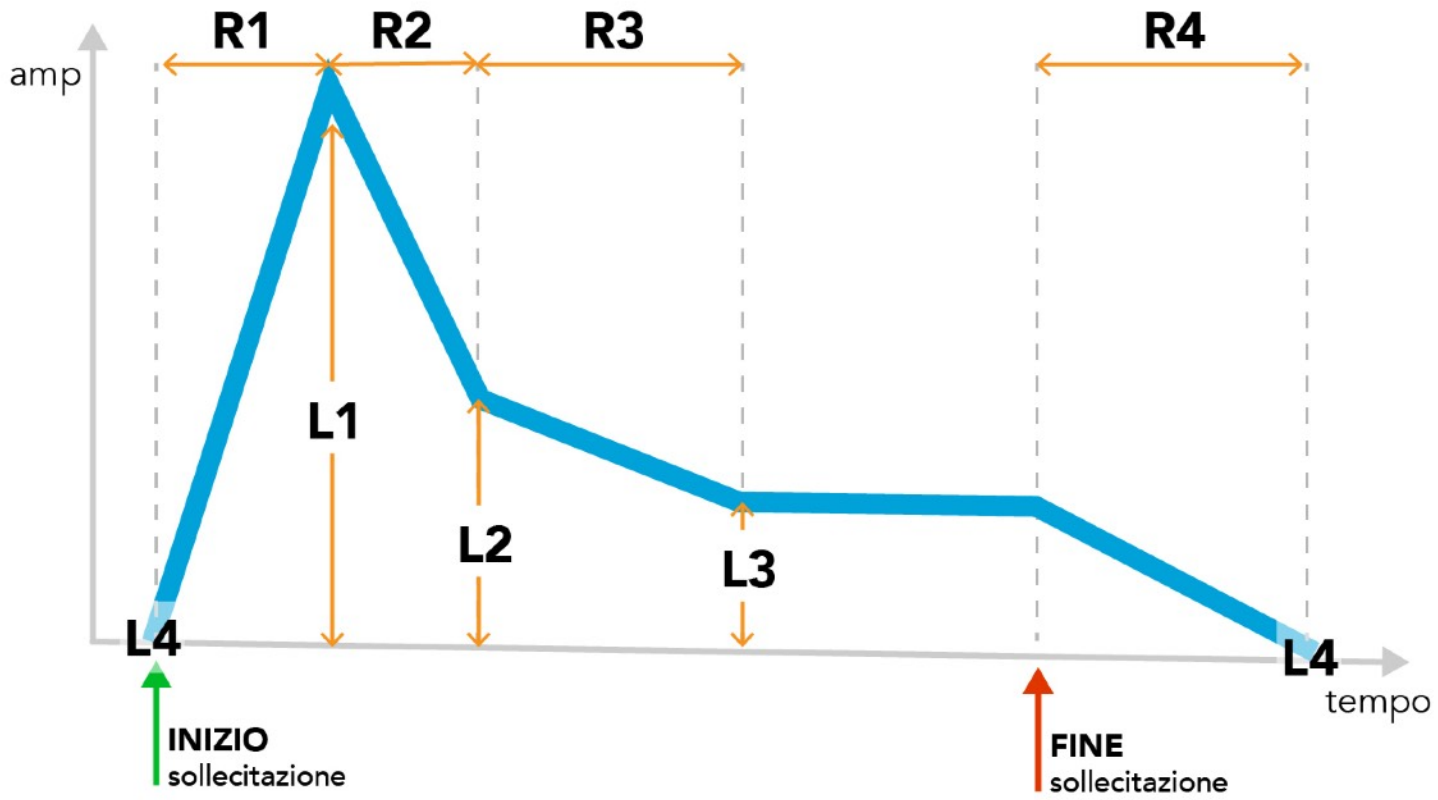
SINTESI FM

Solitamente si utilizzano più oscillatori che prendono il nome di **operatori** i quali a loro volta vengono messi in diversi rapporti di modulante-carrier creando configurazioni diverse dette **algoritmi.**



SINTESI FM

Ad ogni operatore viene assegnato un peculiare **inviluppo** che non si schematizza con il classico ADSR ma con un sistema denominato **EG** (Envelope Generator), formato da 4 livelli e 4 tempi di arrivo verso questi livelli che prendono il nome di *rate*.



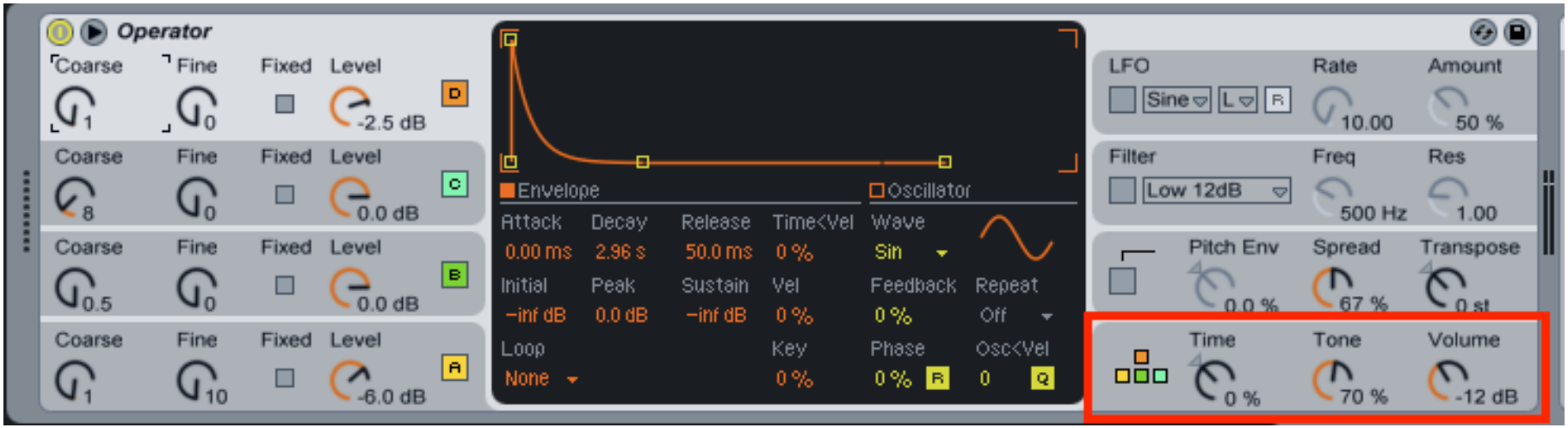
SINTESI FM

YAMAHA DX7 (1982)

SINTESI FM

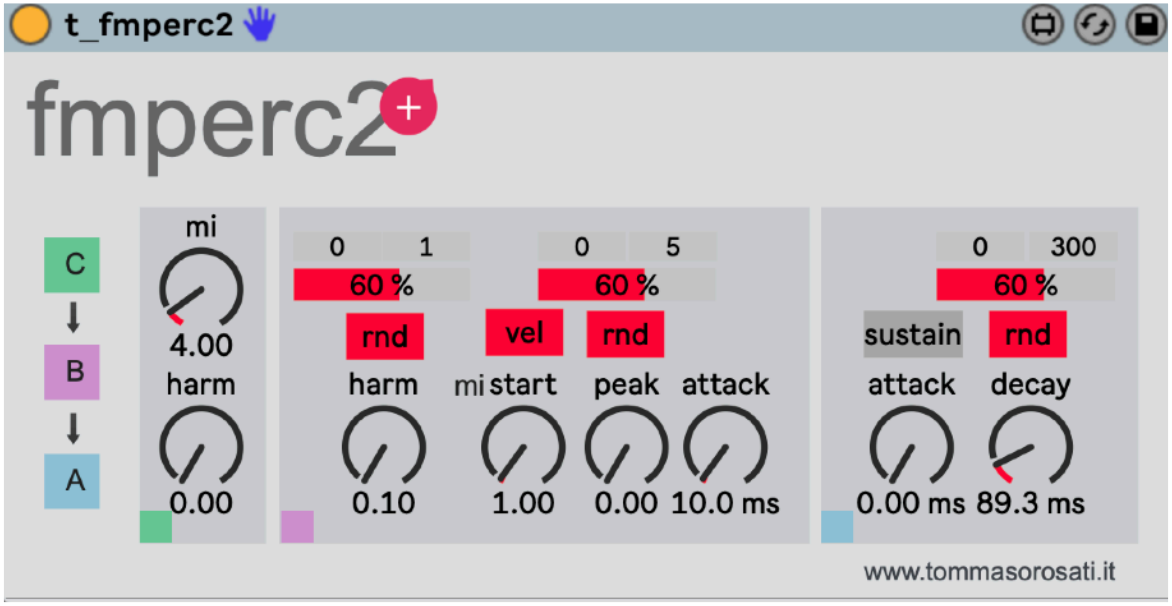
FM8 vst di Native Instruments

SINTESI FM



Operator in Ableton Live

SINTESI FM

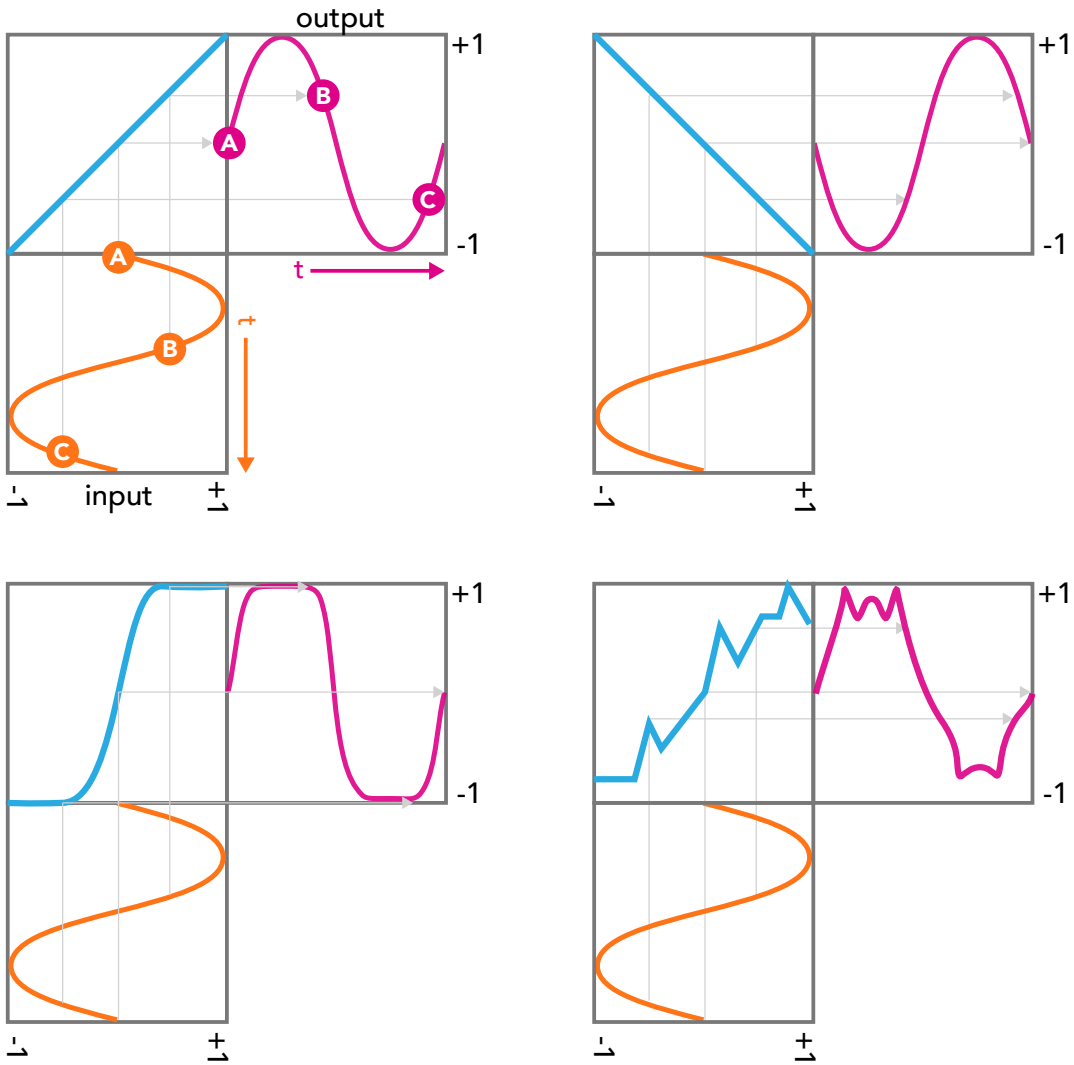


fmperc2 by piumaxforlive

WAVESHAPING

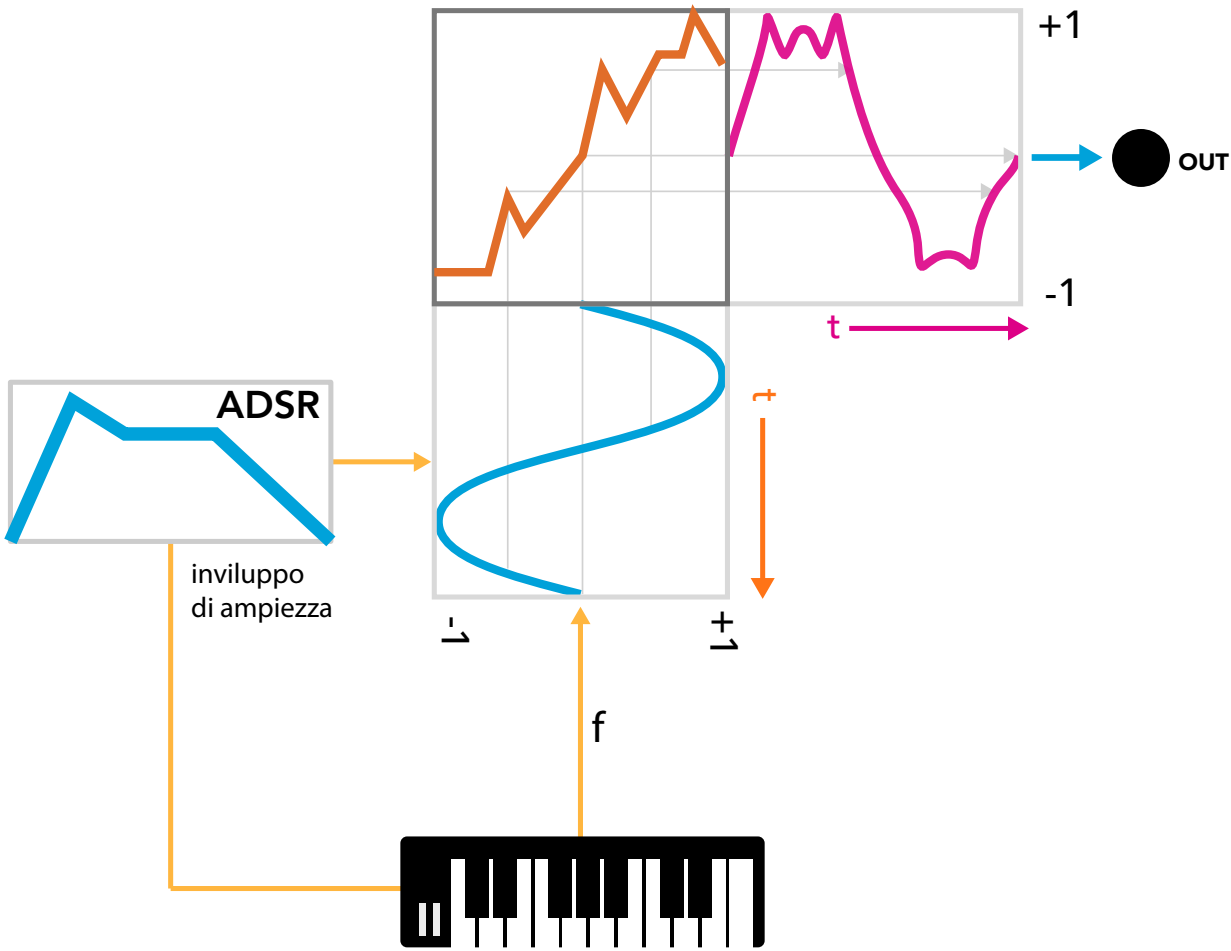
La sintesi **waveshaping** si basa sul far passare una sinusoide attraverso una "**funzione di trasferimento**" che ne varia la forma.

La funzione di trasferimento si rappresenta all'interno di un grafico nel quale dal basso facciamo entrare la sinusoide, la facciamo "rimbalzare" sulla curva disegnata e infine uscire, modificata, a destra.



WAVESHAPING

Questa sintesi risente molto delle differenze di ampiezza in ingresso perché valori bassi lavorano solo sulla parte centrale della funzione, ampiezze grandi sulle parti laterali. Questo viene sfruttato con l'utilizzo di **inviluppi di ampiezza** del suono in ingresso che rendono più "vivo" il timbro.

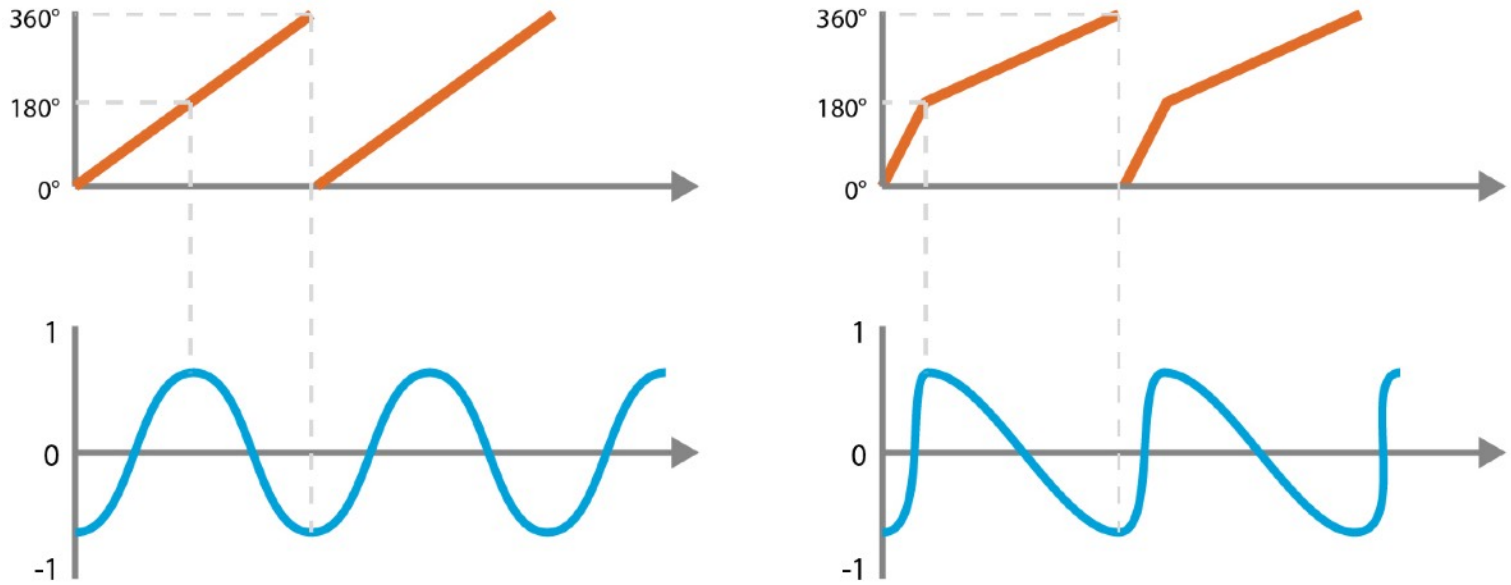


WAVESHAPING

Cakewalk Z3TA+2

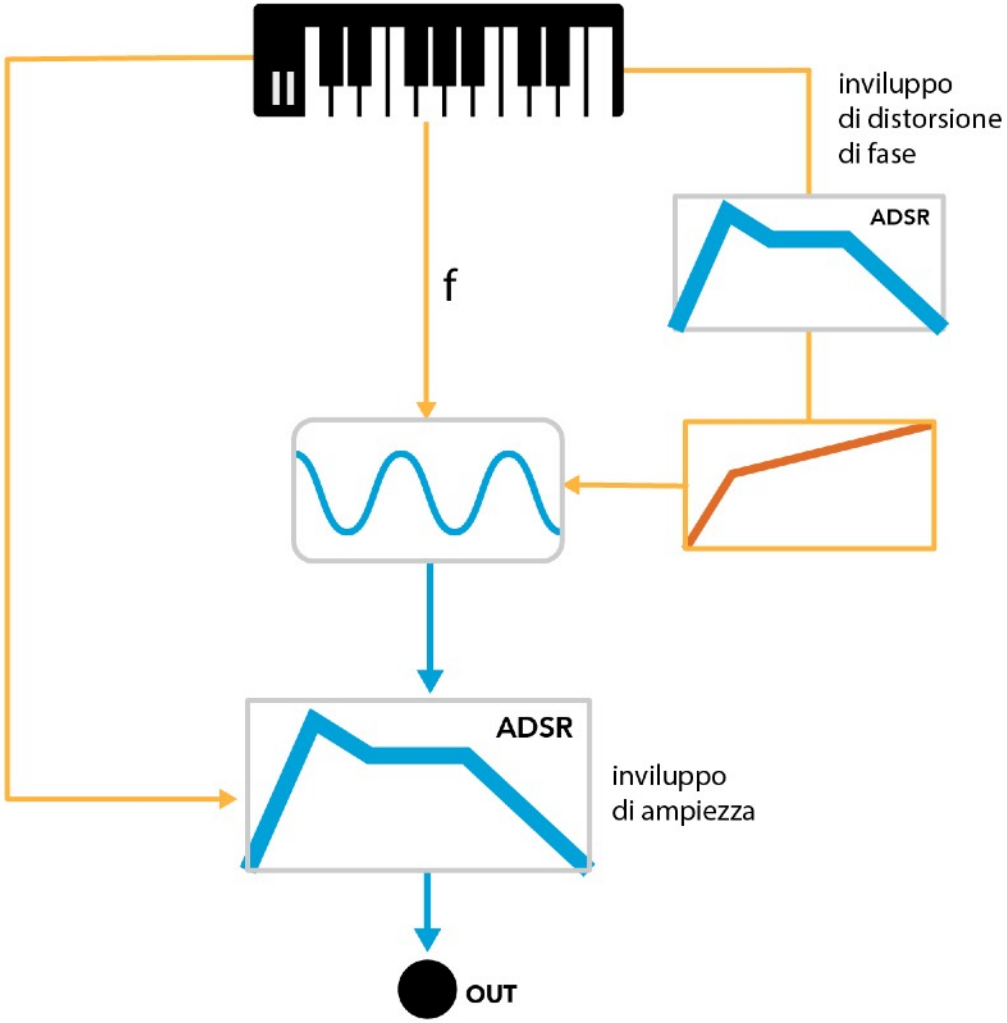
PHASE DISTORTION

La **sintesi phase distortion** si basa sulla lettura **a velocità variabile** di una tabella in cui è memorizzata una sinusoide.
La durata totale della lettura del ciclo dell'onda è sempre il valore del periodo, in modo da mantenere l'intonazione scelta per la nota ma all'interno di questo tempo c'è una parte letta più lentamente e una letta più rapidamente.



PHASE DISTORTION

Un'altra caratteristica importante è la presenza di **inviluppi** sia per l'ampiezza finale che per la quantità di distorsione. Quest'ultimo inviluppo varia la complessità dell'onda, rendendola variabile durante l'esecuzione della nota e quindi "viva".



PHASE DISTORTION

Casio CZ-101 (1984)

PHASE DISTORTION

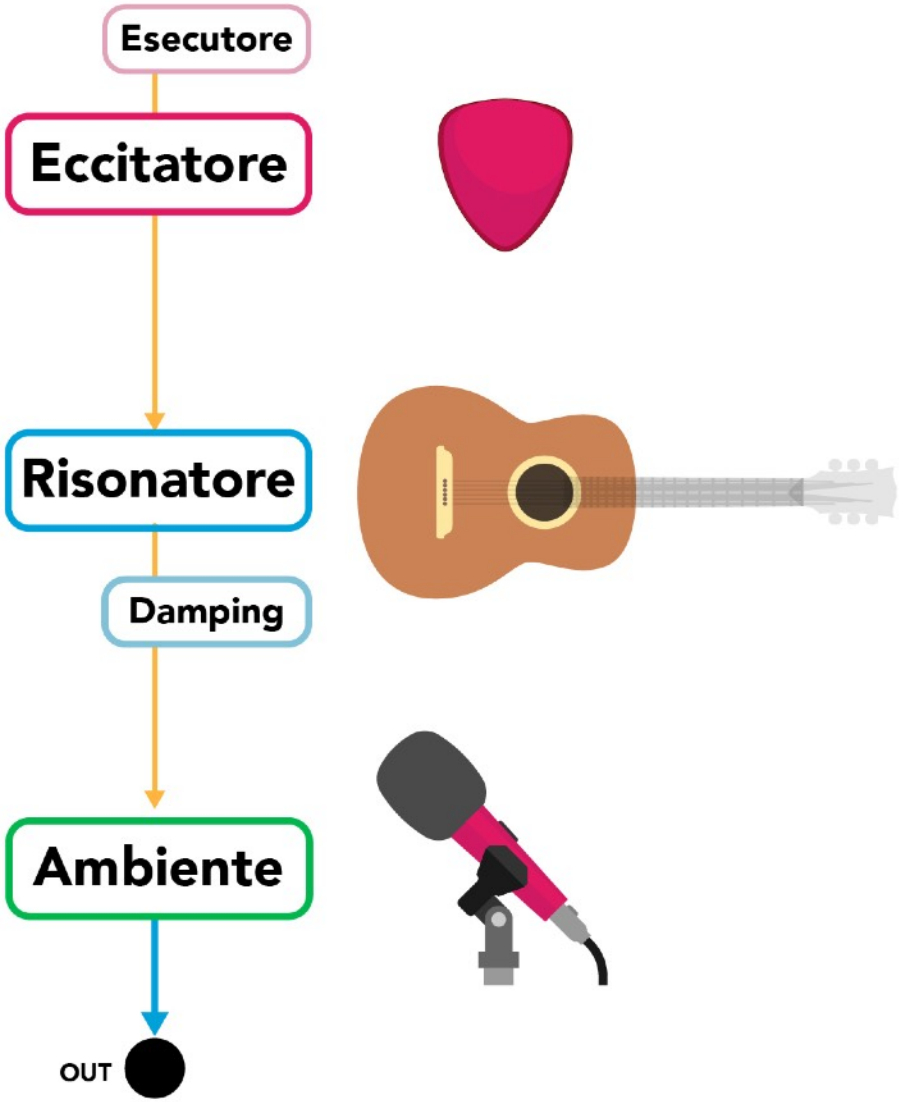
VST Digits by Extent of the Jam

SINTESI MODELLI FISICI

La sintesi per **modelli fisici** usa equazioni ed algoritmi per **simulare il naturale processo fisico** che genera i suoni.

Si può dividere in 2 stadi principali: **eccitatore** (comportamento non lineare) e **risonatore** (comportamento lineare).

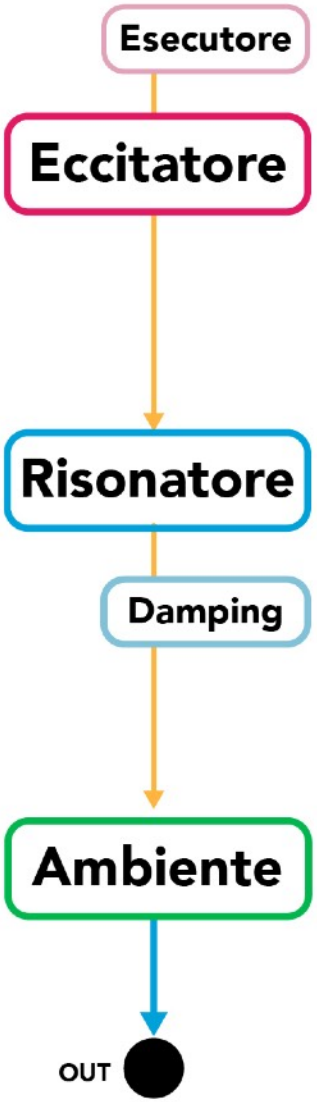
Si può inoltre modellizzare il comportamento dell'**ambiente**



SINTESI MODELLI FISICI

In ogni stadio di sintesi possiamo avere **parametri** diversi che vanno a modificare le variabili delle funzioni matematiche.

Con questo tipo di sintesi si possono creare strumenti virtuali con **caratteristiche impossibili da realizzare nella realtà**



Parametri

Caratteristiche fisiche esecutore: bocca, labbra, braccio…

Tipo di eccitatore: plettro, pizzicato, ancia, colonna d'aria, bacchetta…

Dimensioni, forma e materiale del corpo risonante.

Impedenza alla propagazione del suono nel risonatore data da dimensioni, materiale e forma…

Tipo di sistema di ripresa del suono: pickup, microfono… Distanza tra i microfoni, tra corpo risonante e microfoni…

SINTESI MODELLI FISICI

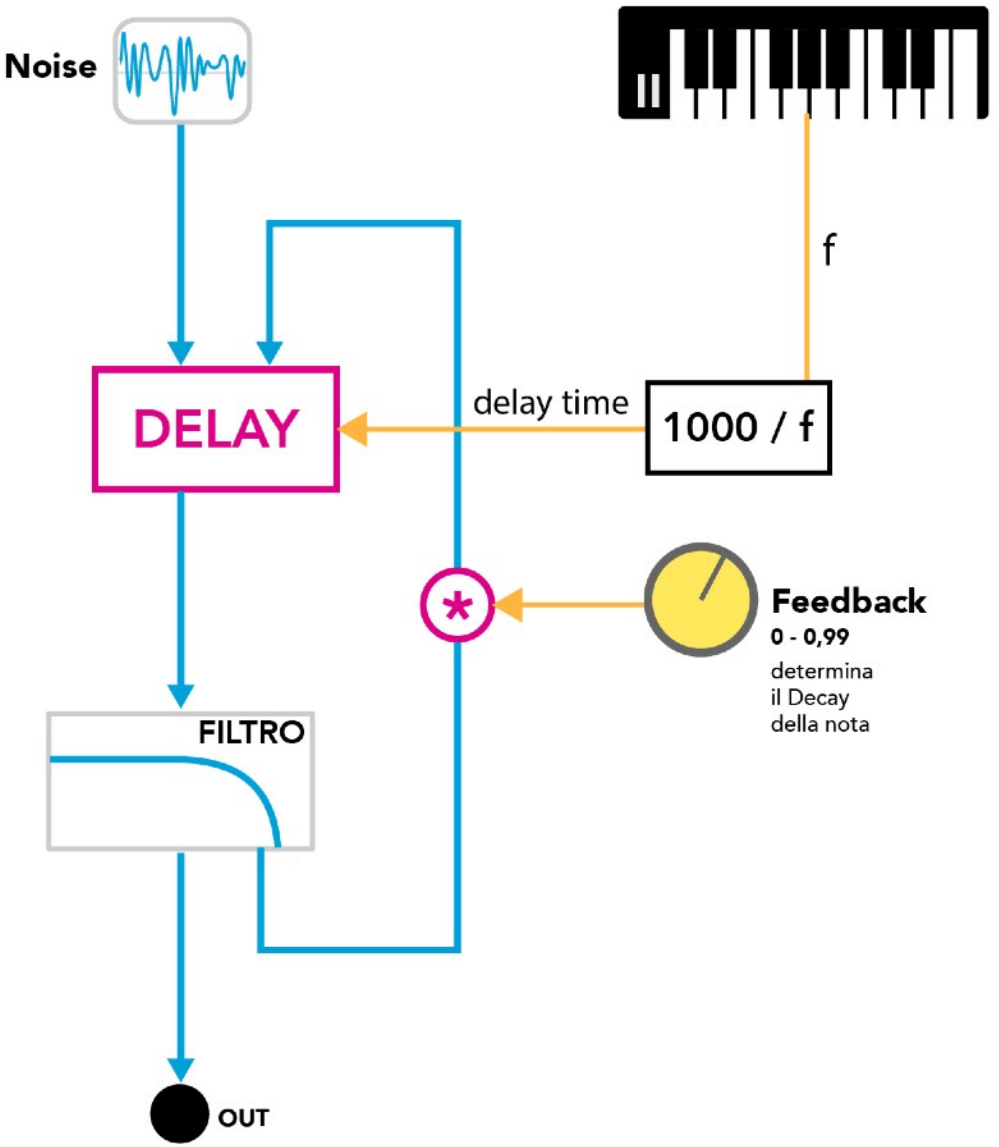
algoritmo di Karplus - Strong (KS)

1) Viene generato un rumore bianco

2) Questa eccitazione è portata in output e simultaneamente in retroazione in una catena di ritardo (delay line)

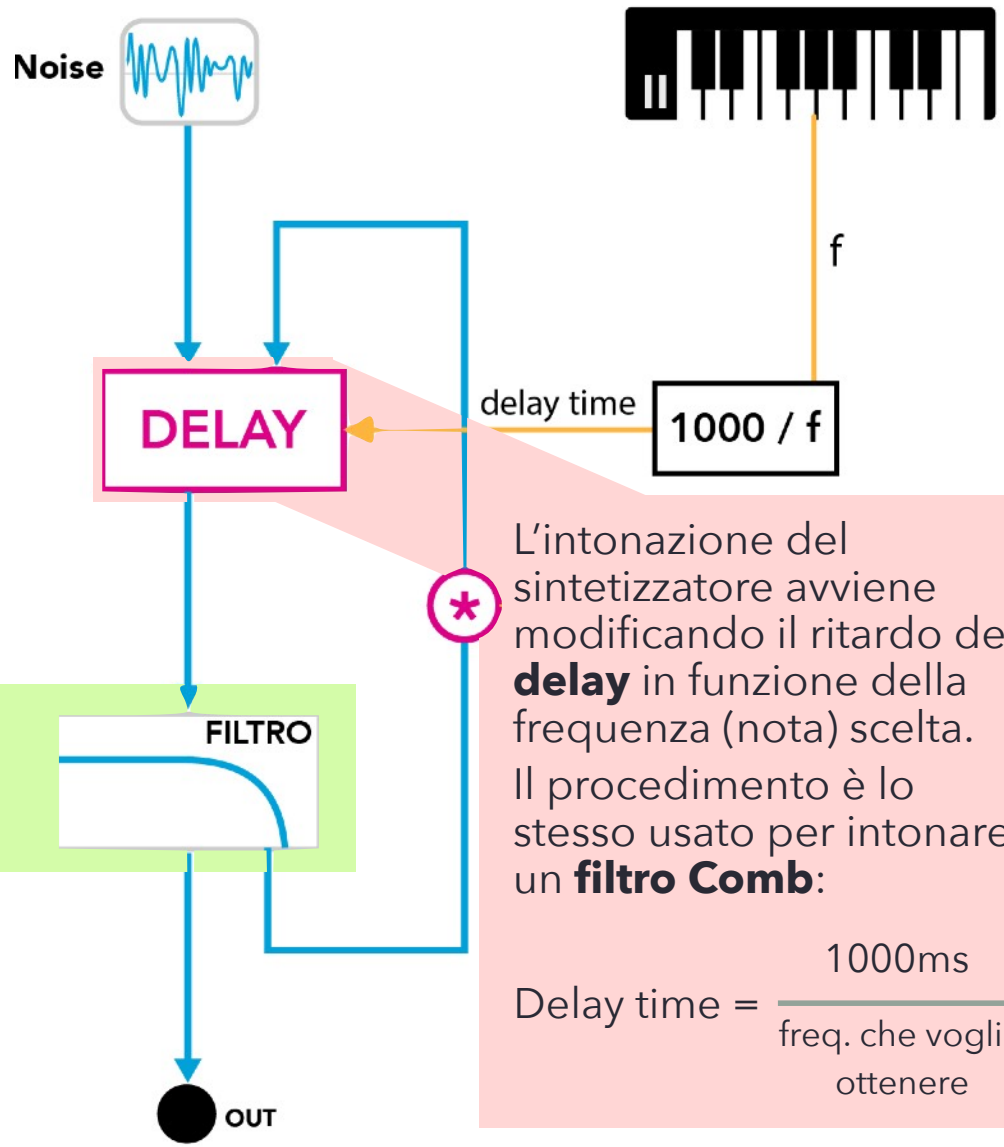
3) L'uscita del delay è portata ad un filtro. Di solito si tratta di un filtro low-pass del primo ordine

4) L'output filtrato è simultaneamente mixato in output e all'indietro in retroazione nella catena dei ritardi



SINTESI MODELLI FISICI

algoritmo di Karplus - Strong (KS)



Il **filtro lo-pass (LPF)** si occupa di togliere gli armonici più alti e creare un timbro più vicino agli strumenti tradizionali, in cui gli armonici si attenuano via via che ci allontaniamo dalla fondamentale

L'intonazione del sintetizzatore avviene modificando il ritardo del **delay** in funzione della frequenza (nota) scelta.

Il procedimento è lo stesso usato per intonare un **filtro Comb**:

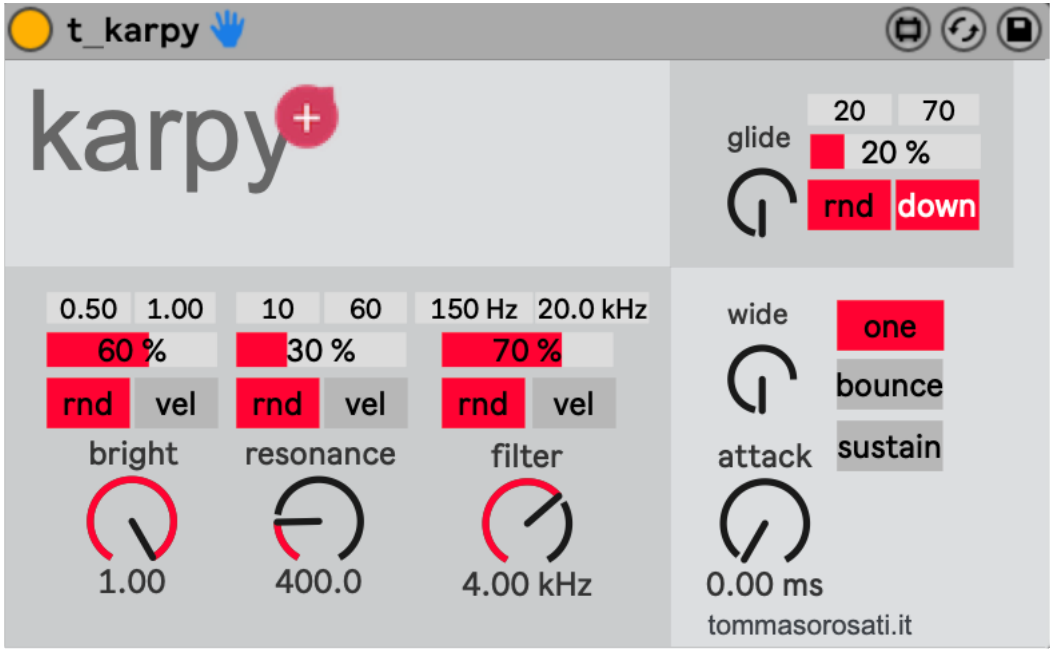
$$\text{Delay time} = \frac{1000\text{ms}}{\text{freq. che voglio ottenere}}$$

SINTESI MODELLI FISICI

algoritmo di Karplus - Strong (KS)

Drum Synth Kplus in Ableton Live

SINTESI MODELLI FISICI
algoritmo di Karplus - Strong (KS)



karpy by piumaxforlive

SINTESI MODELLI FISICI

YAMAHA VL1 (1993) - Waveguide synthesis

SINTESI MODELLI FISICI

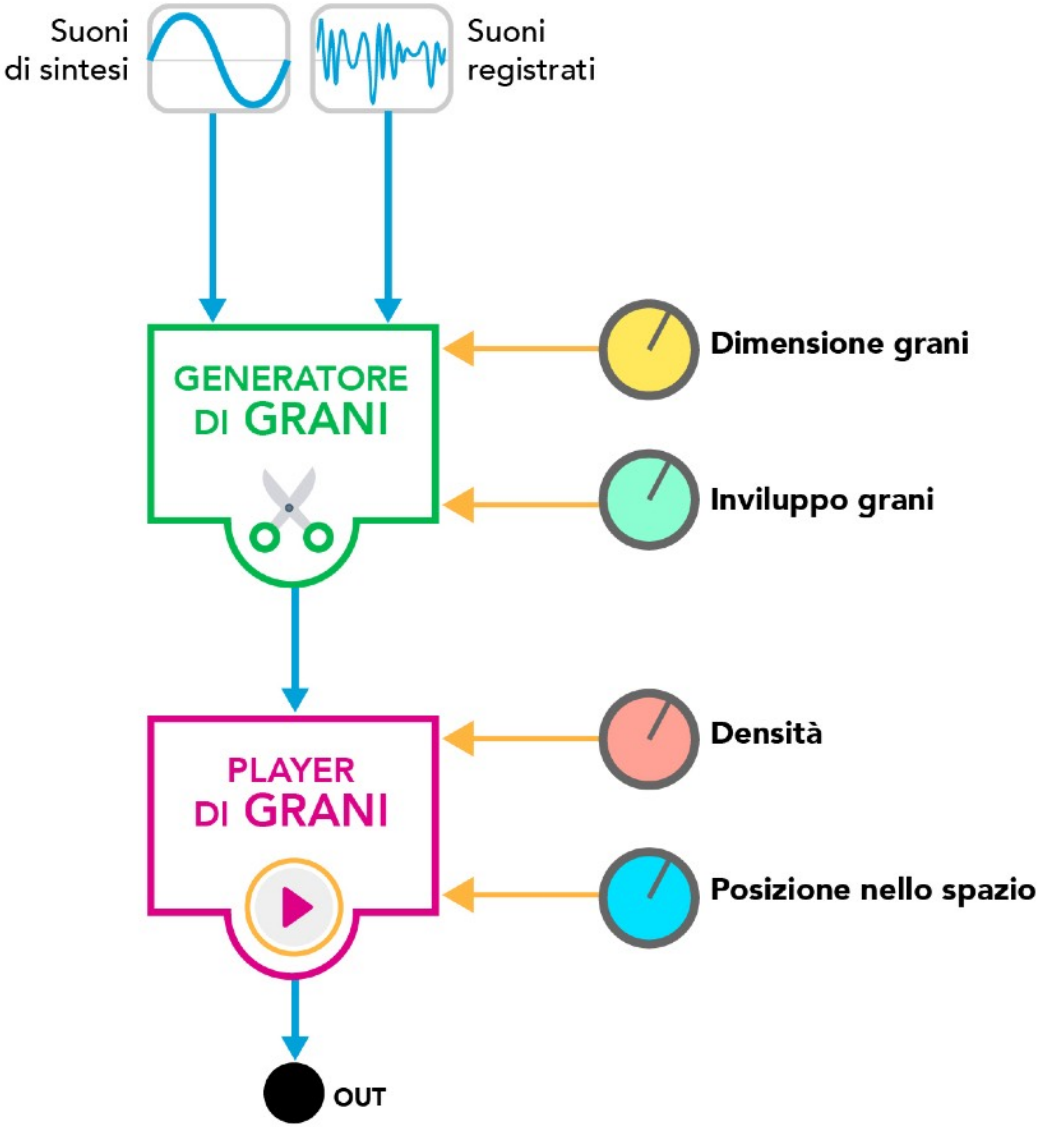
TENSION e COLLISION in Ableton Live

SINTESI GRANULARE

La sintesi granulare sviluppa l'idea di creare suoni complessi a partire da una grossa quantità di suoni semplici chiamati **grani.**

Essi sono di durata compresa tra 1 e 100 millisecondi e possono essere combinati e riprodotti in sequenza e/o sovrapposti a velocità, fase e volume variabili.

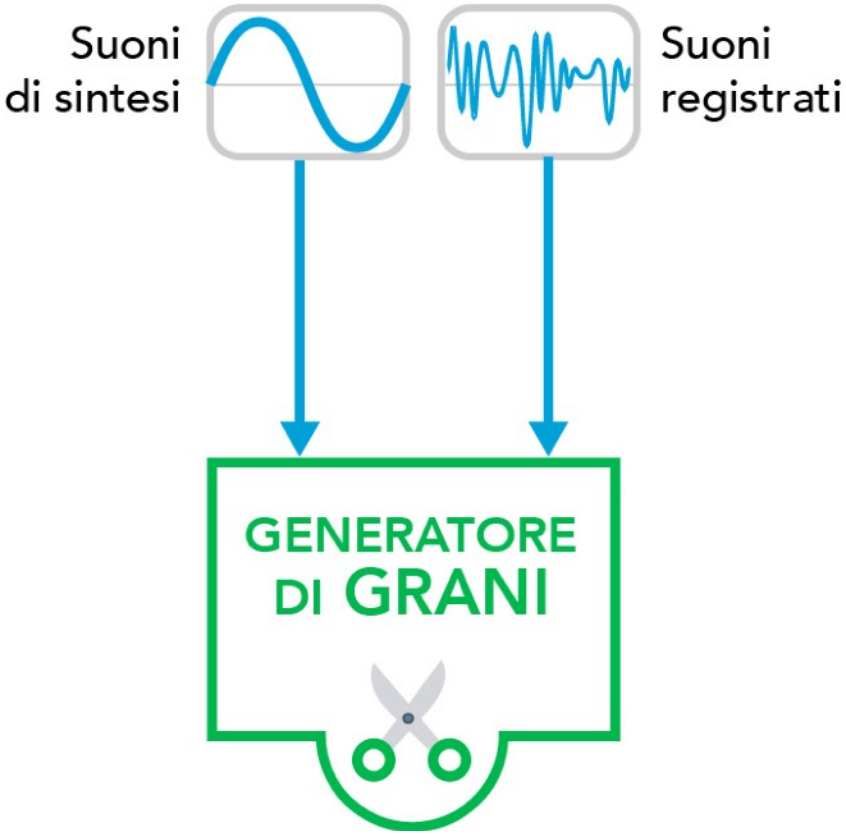
Il risultato non è un unico tono, ma una **nuvola di suoni**.



SINTESI GRANULARE

Generatore di grani

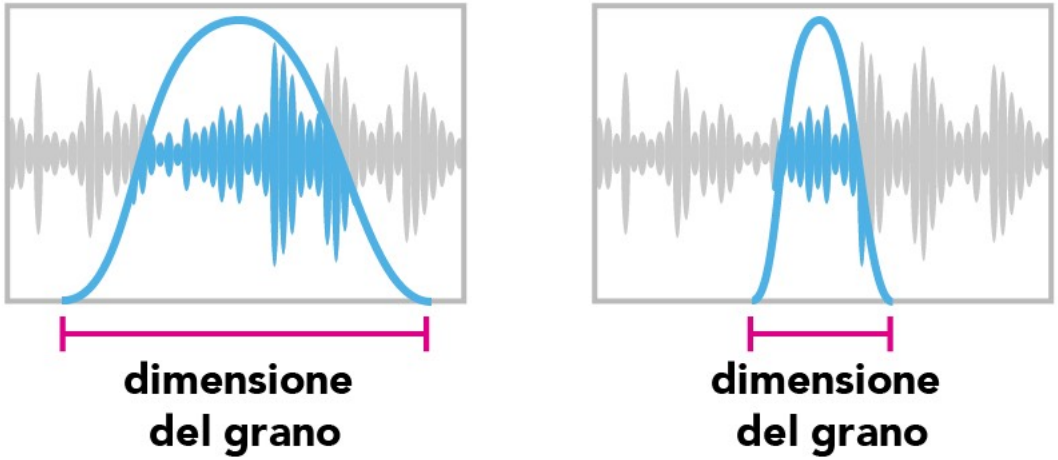
I grani possono essere ricavati da vari tipi di sorgente:



SINTESI GRANULARE

Generatore di grani

Si può impostare una **dimensione** di ogni grano (1-100ms).

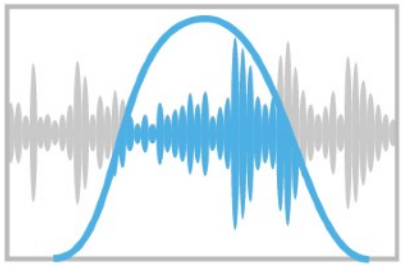


SINTESI GRANULARE

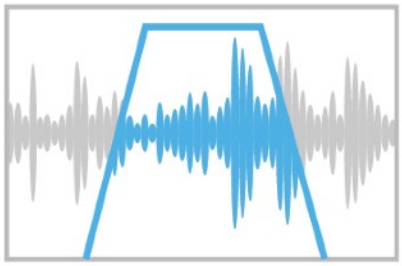
Generatore di grani

Ad ogni grano si applica un'**inviluppo**.

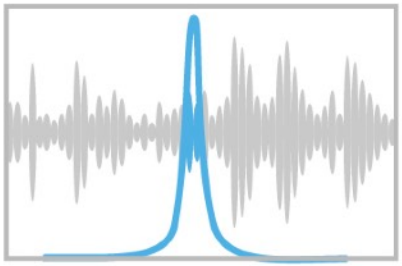
Simmetrici



Gaussian

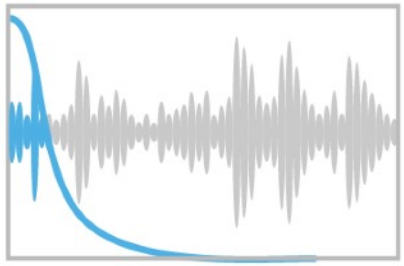


Trapezoidal

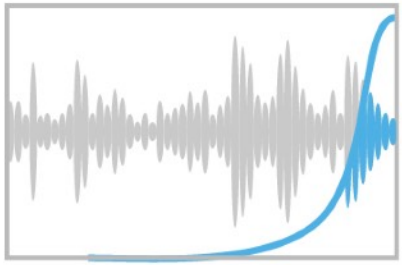


Pulse

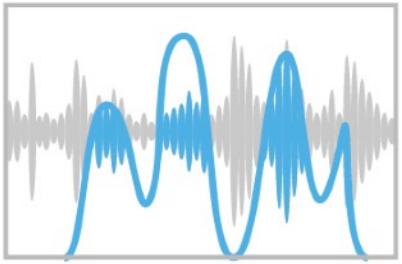
Asimmetrici



Fall



Rise



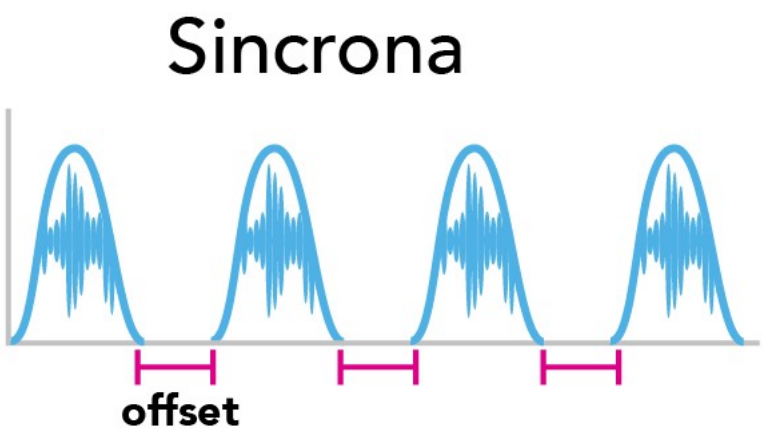
Noise

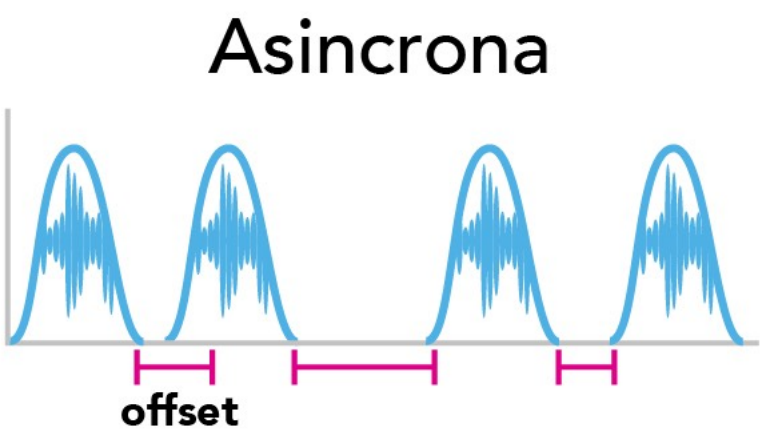
SINTESI GRANULARE

Player dei grani

Esistono 4 tipi di riproduzione dei grani:

- **Sincrona (Synchronous Granular Synthesis)**
  la distanza o offset tra i grani è costante
- **Quasi-sincrona (QSGS)**
  la distanza tra i grani è quasi costante
- **Asincrona (ASGS)**
  la distanza tra i grani non è costante
- **Sincrona intonata (Pitch-Synchronous Granular Synthesis)**
  distanza e intonazione dei grani variabile in base alla nota che si vuole ottenere



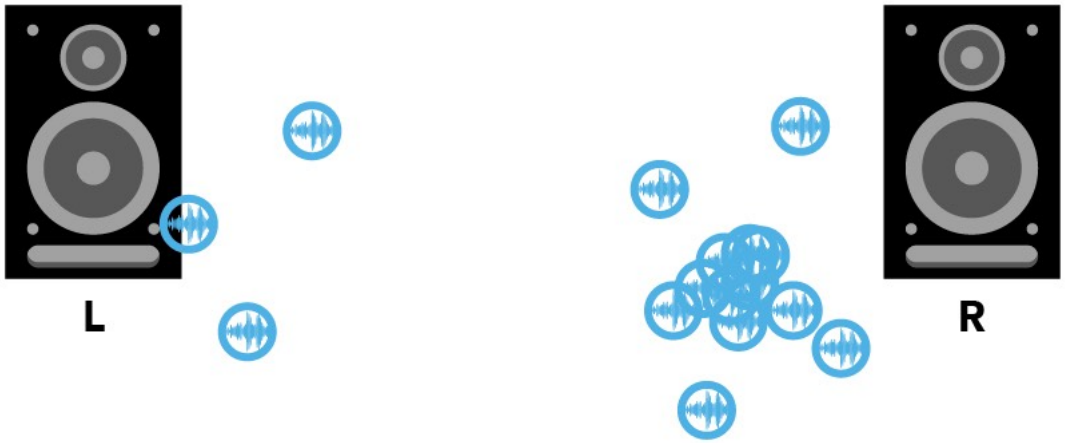


SINTESI GRANULARE

Player dei grani

Nel suonare i grani si possono impostare vari parametri:

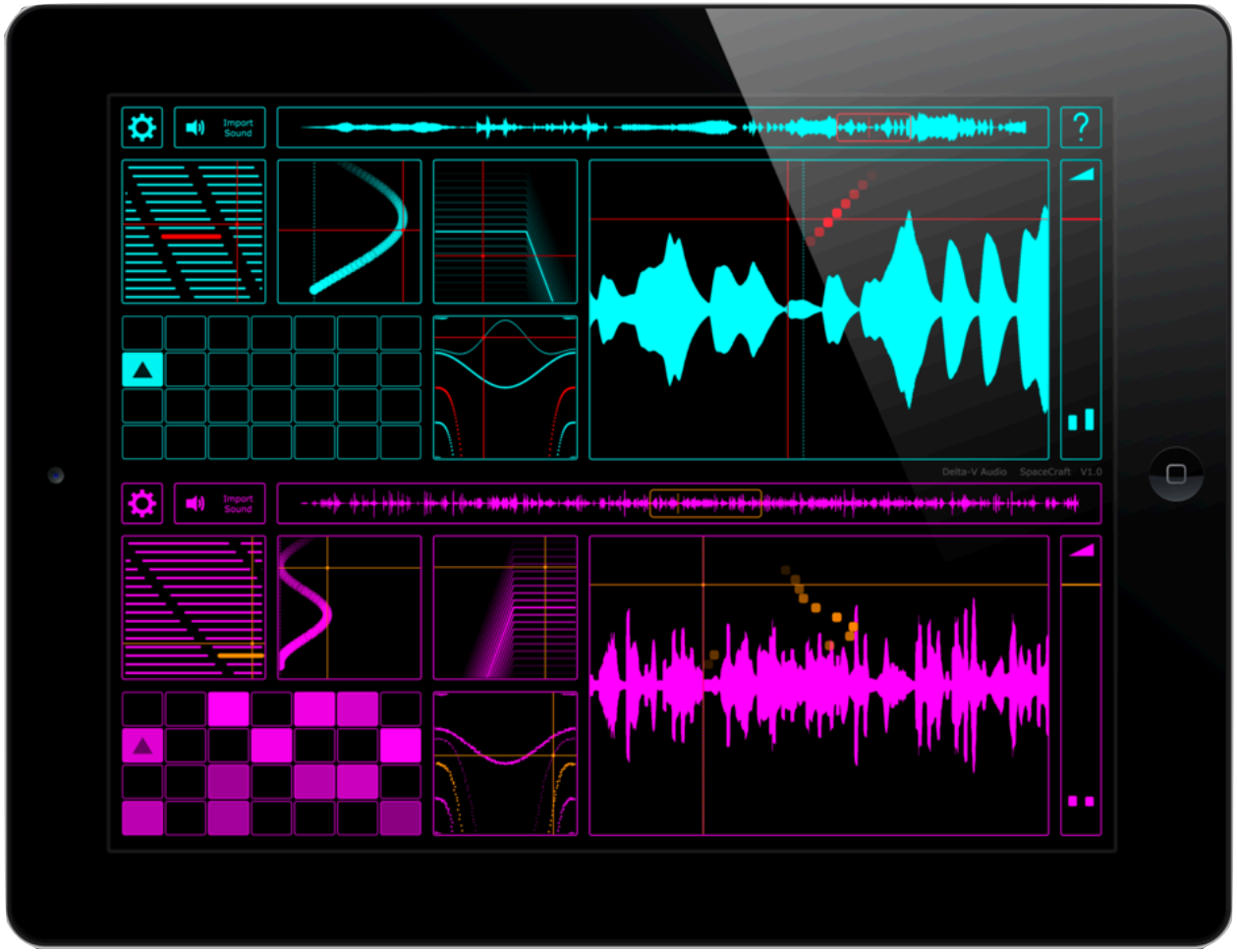
- **Densità dei grani:** quantità di istanze del player che suonano in contemporanea
- **Posizione nello spazio dei grani:** indicazione della posizione spaziale di ogni grano eseguito



SINTESI GRANULARE

Tasty Chips Electronics GR-1 (2019)

SINTESI GRANULARE



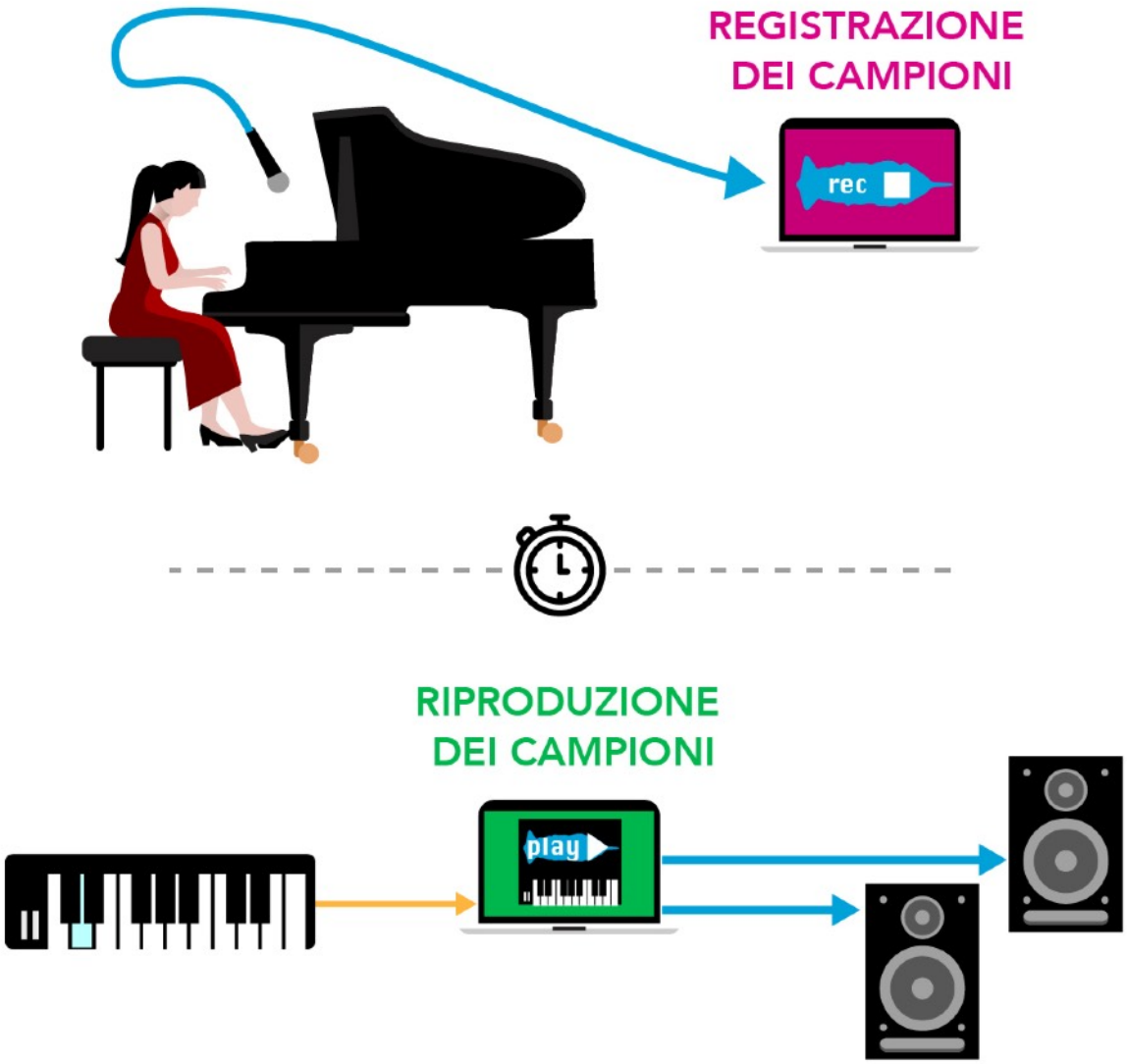
SpaceCraft app (2018)

SINTESI GRANULARE

GRANULATOR III in Ableton Live

SINTESI PER CAMPIONI

Nella sintesi per campioni un suono viene **registrato** e poi **riprodotto** intonato con la nota scelta in fase di esecuzione. Può essere inoltre processato attraverso filtri ed effetti.

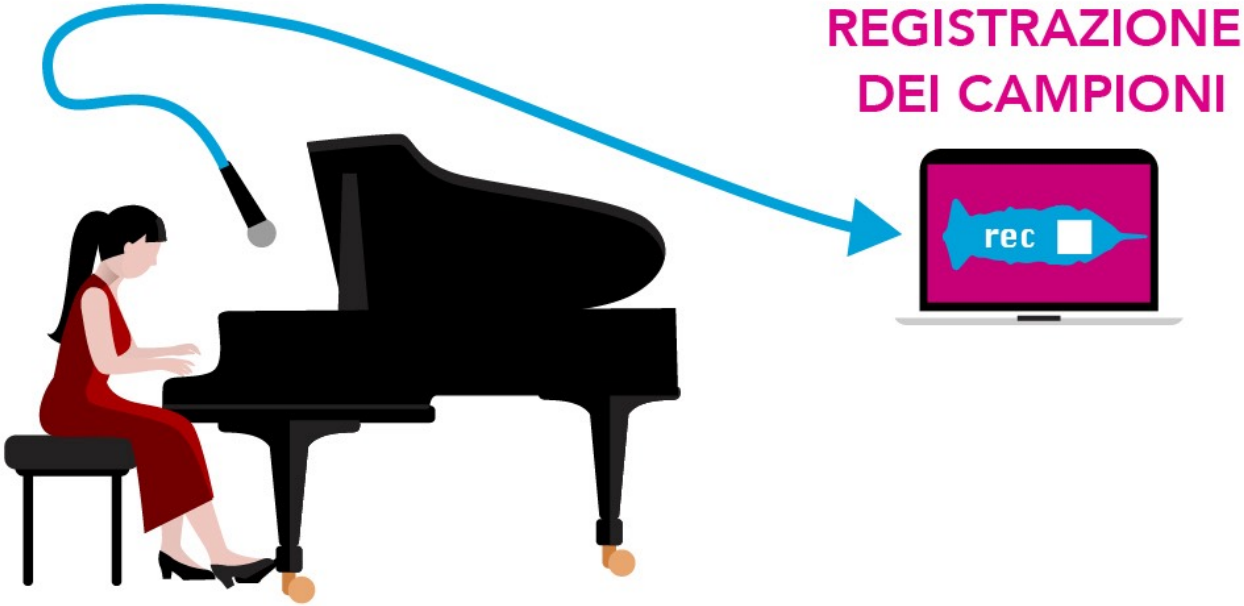


SINTESI PER CAMPIONI

1 Registrazione dei campioni

Esistono tre tipi di registrazione dei campioni:

- **Single-sampled**
  si registra un solo campione che servirà, in fase di riproduzione, per generare tutte le note
- **Multi-sampled**
  si registra un campione per ogni nota dello strumento
- **MultiLayer-sampled**
  si registrano più campioni per ogni nota, di solito note a dinamiche diverse



SINTESI PER CAMPIONI

2 Riproduzione dei campioni

Prendiamo per esempio il single-sampled.
La prima cosa da fare è quella di dire al nostro software imputato alla riproduzione (sampler) **quale nota abbiamo registrato** come campione. In questo modo il software si incarica di trasporre la nota in caso di pressione di altri tasti.

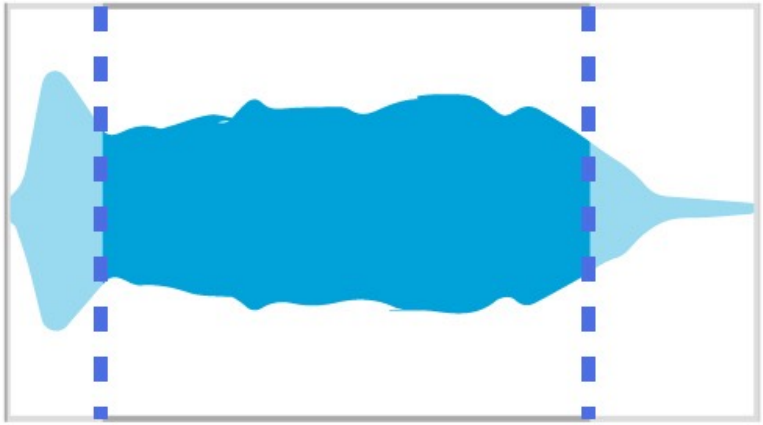
SINTESI PER CAMPIONI

Solitamente si fanno varie operazioni sul campione:

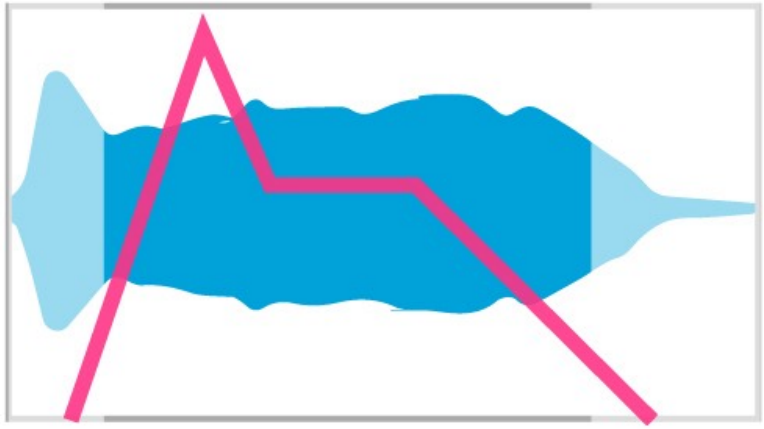
si può in questo modo scegliere la porzione di suono da riprodurre

si imposta un inviluppo al campione

Crop



ADSR

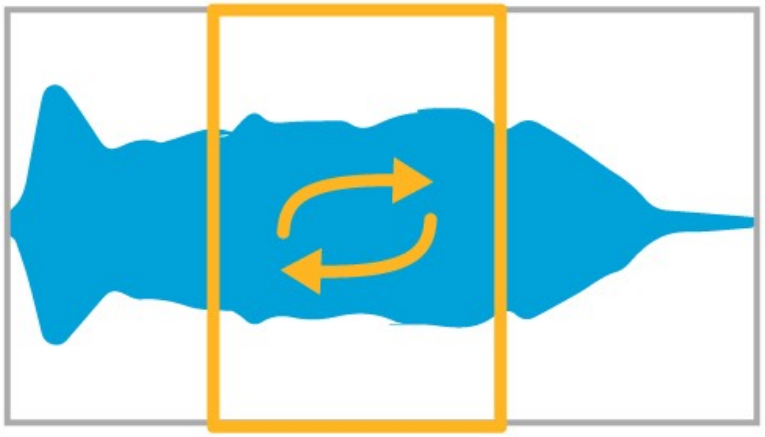


SINTESI PER CAMPIONI

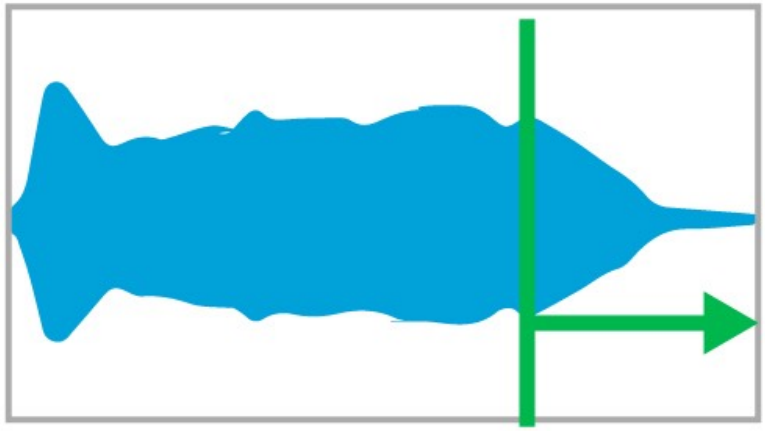
si può impostare una porzione di campione da looppare in caso di pressione continuata del tasto (sustain)

si può impostare il punto del campione da cui ripartire quando si lascia il tasto (release)

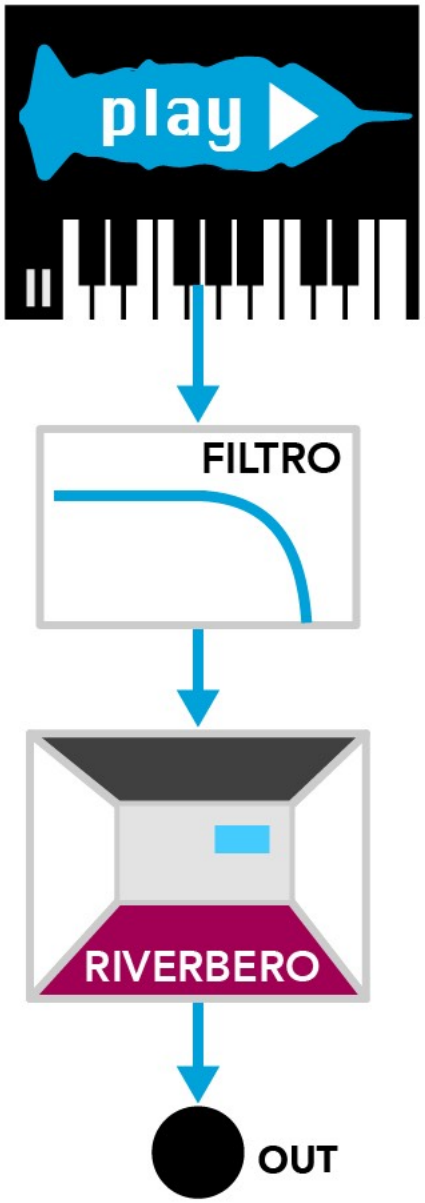
Loop



End point



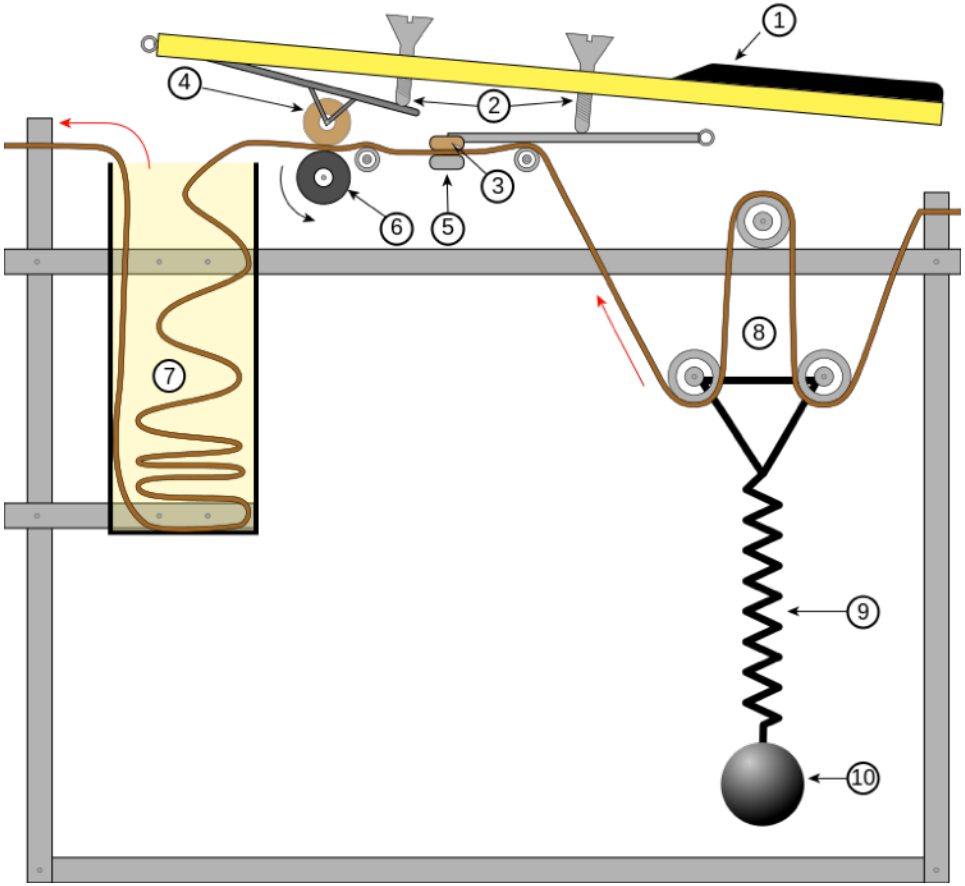
SINTESI PER CAMPIONI



Filtri e/o effetti
si possono impostare filtri o effetti come riverberi, distorsori, delay allo scopo di completare il suono del nostro strumento campionato.

SINTESI PER CAMPIONI

MELLOTRON M400 (1970)



Il funzionamento interno del Mellotron. La pressione di un tasto (1) agisce su due viti (2) che collegano una superficie a pressione (3) con la testina (5) e la rotella di pitch (4) con un rullo in continua rotazione (6). Il nastro viene tirato dal rullo ad una velocità controllata, tramite una molla di tensione (8 - 10), e collocato temporaneamente in un alloggiamento apposito (7), fino a che il tasto viene rilasciato.

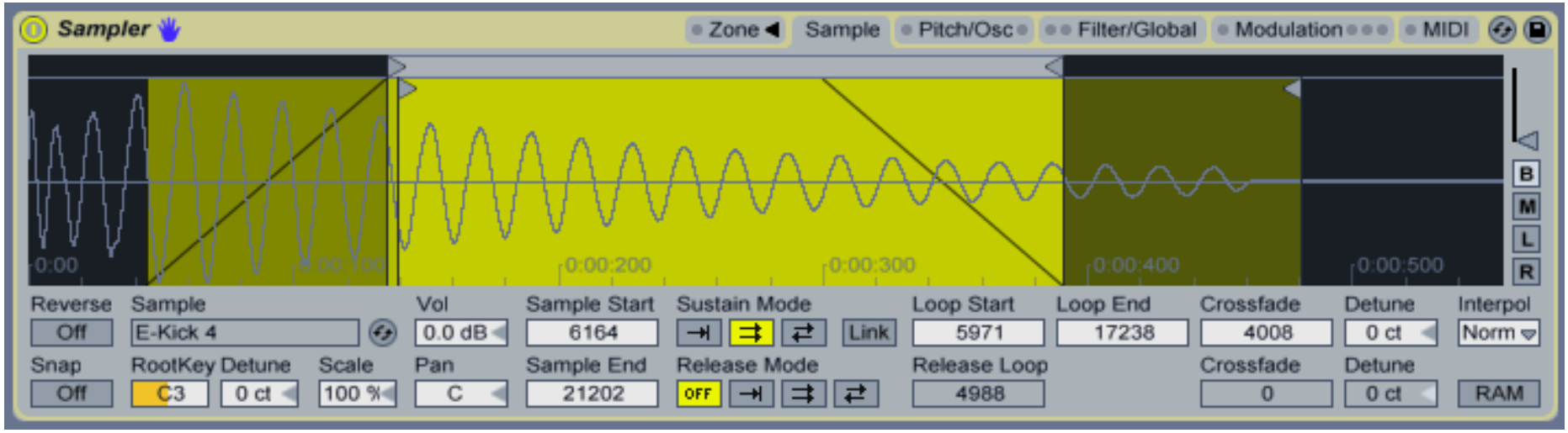
SINTESI PER CAMPIONI

NORD PIANO 4 - Nord (2019)

SINTESI PER CAMPIONI

KONTAKT di Native Instruments

SINTESI PER CAMPIONI

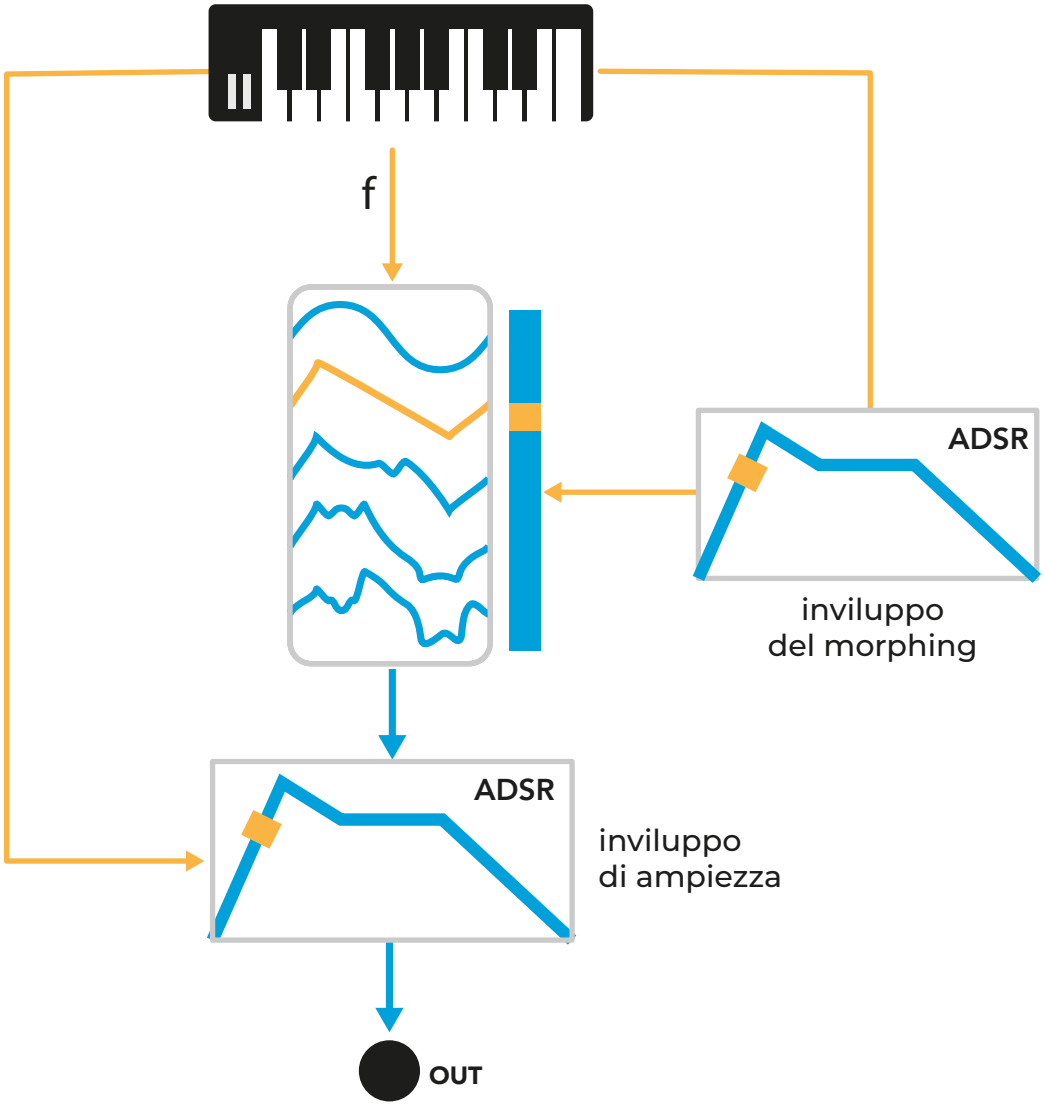


SAMPLER in Ableton Live

SINTESI WAVETABLE

La **sintesi wavetable** si basa sulla lettura di una tabella che contiene una forma d'onda.

In ogni tabella in realtà ci possono essere tante varianti dell'onda e il sistema permette di spostarsi da una all'altra in vari modi, spesso gestiti da un inviluppo.

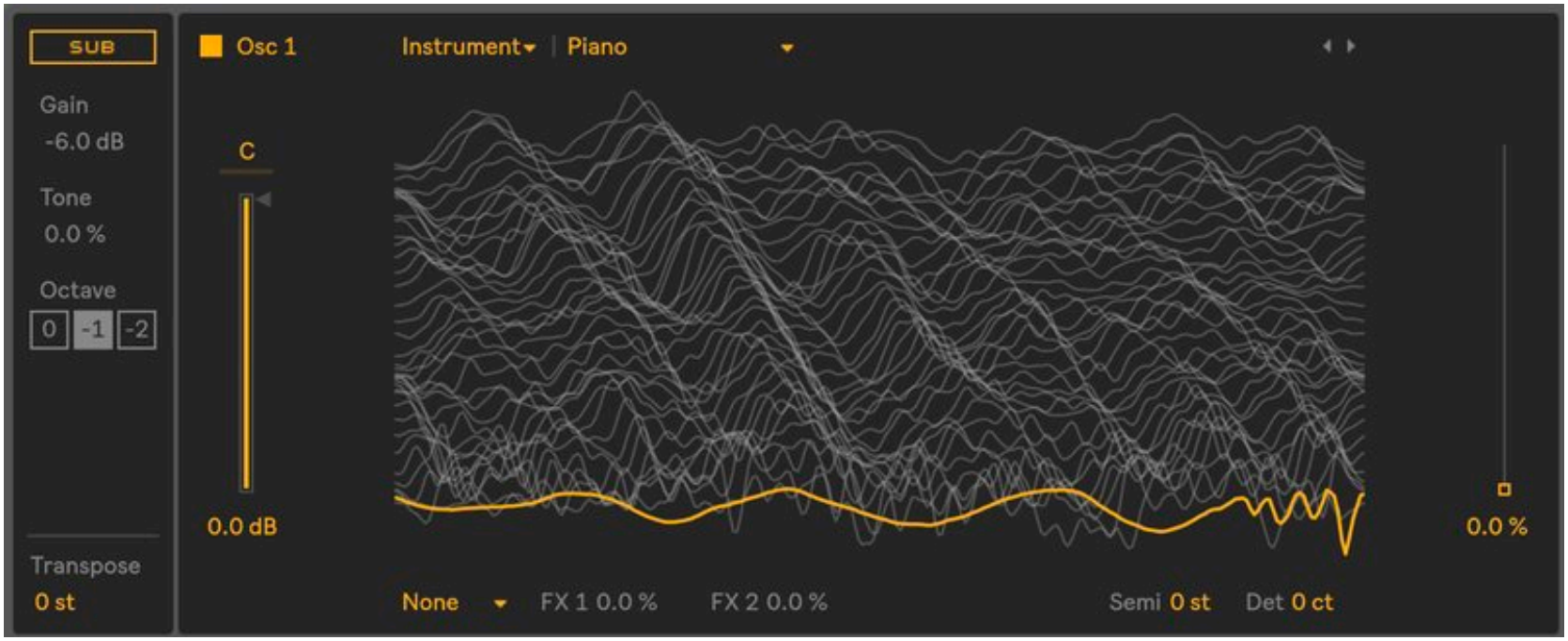


SINTESI WAVETABLE

PPG WAVE 2.2 (1981)

KORG WAVESTATION (1990)

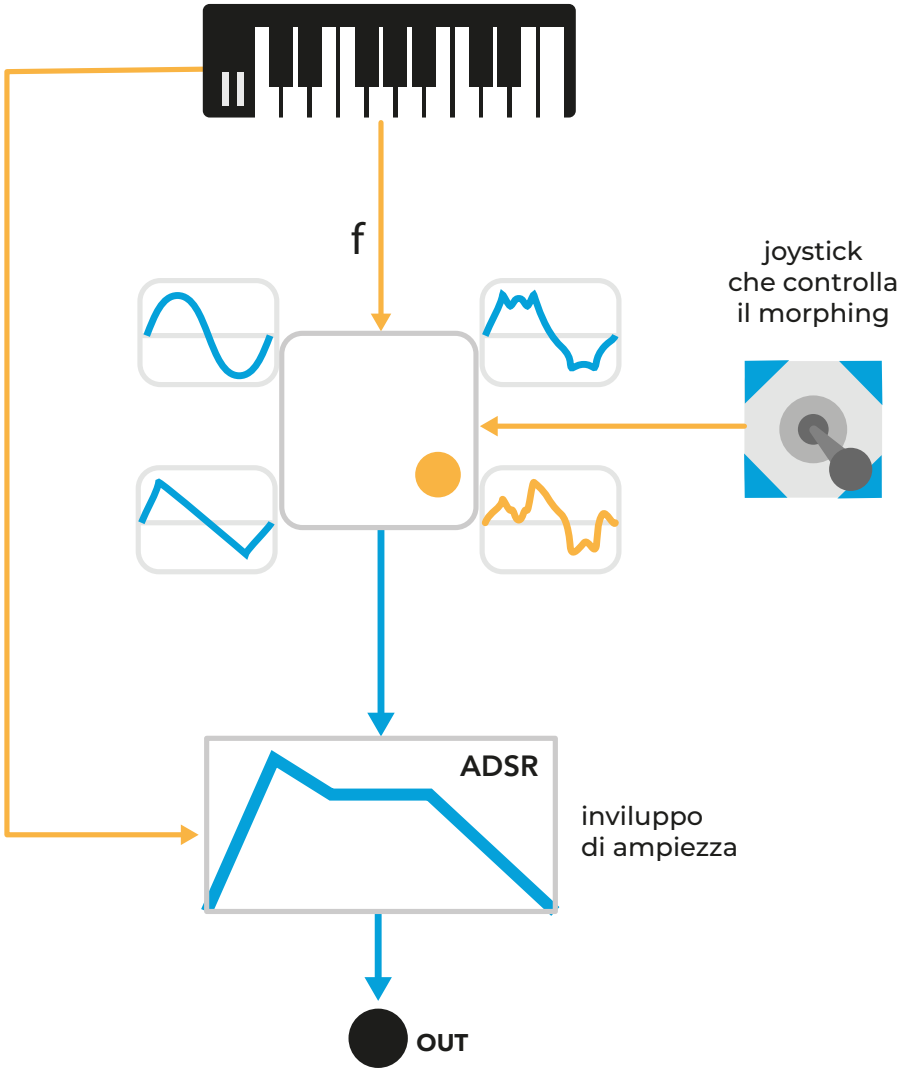
SINTESI WAVETABLE



WAVETABLE in Ableton Live

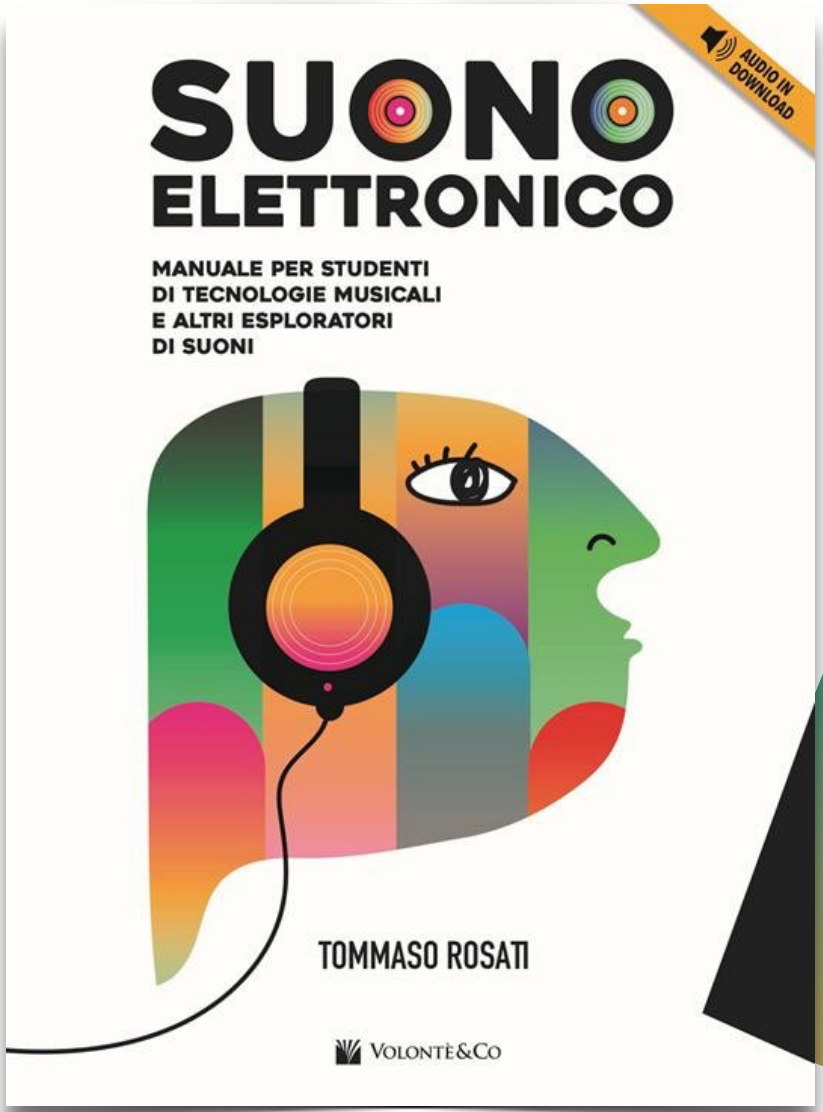
SINTESI VETTORIALE

La **sintesi vettoriale** una variante della sintesi wavetable che invece di muoversi su una sola dimensione, permette attraverso un joystick, di muoversi su una sorta di piano immaginario a due dimensioni, che ha, ai quattro angoli, quattro tabelle diverse, creando un morphing tra quattro timbri diversi.



SINTESI VETTORIALE

Prophet-VS by Sequential Circuits



IL LIBRO È
ORA
DISPONIBILE
IN TUTTI
GLI STORE!

INTERACTIVE GRAPHIC
PLAY