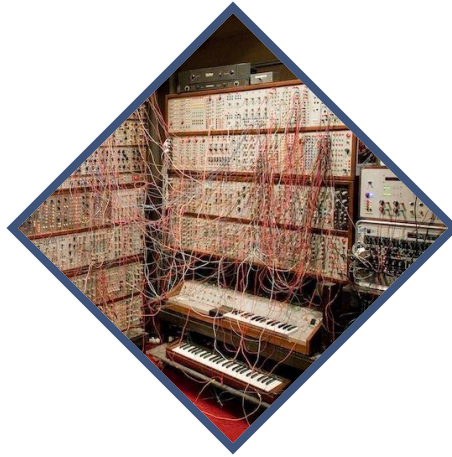


Sintetizzatori modulari

Prof. Gabriele Cappellani

TECNOLOGIE MUSICALI



Il sintetizzatore modulare

Concetti di base



Voltage Control: cos'è?

Voltage control significa ***controllo in tensione***: è il sistema attraverso cui i vari moduli di un sintetizzatore comunicano tra di loro.





Esempi

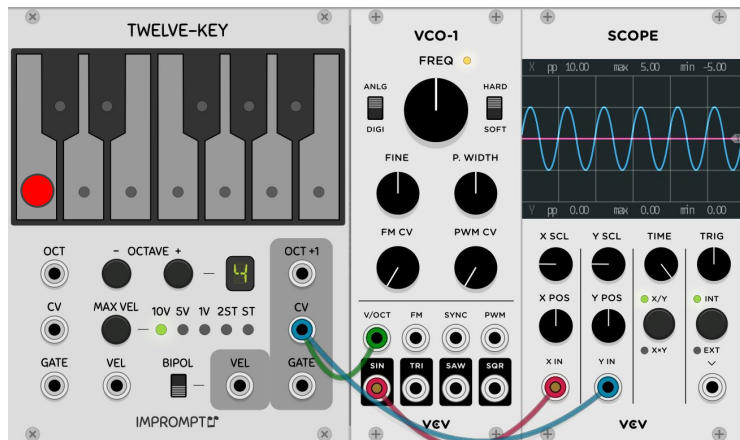
Esempio 1: una tensione di controllo può essere utilizzata per determinare il *pitch*.

Una tensione pari a 1 Volt inviata all'ingresso *V/OCT* di un oscillatore (*VCO*) farà sì che esso produca un segnale audio a un'altezza ben precisa, quella del DO centrale (**C₄**) la cui frequenza è pari a 261.625 Hz (→ Fig. 1)

Una tensione di 2 Volt produrrà una nota all'ottava superiore (**C₅**) (→ Fig. 2)

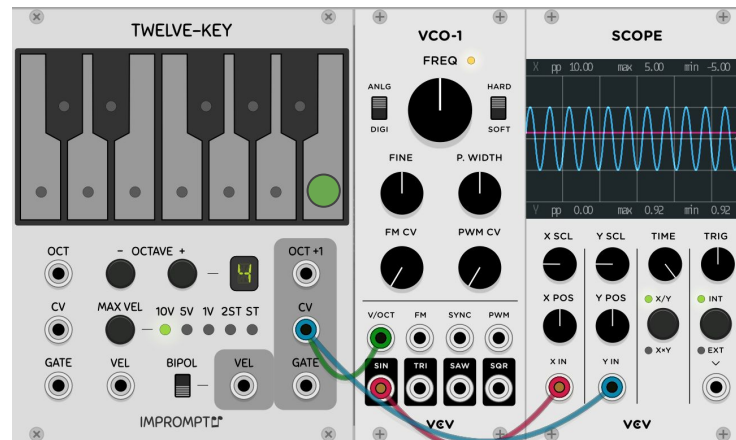


Esempi



● C₄

Fig. 1



● C₅

Fig. 2

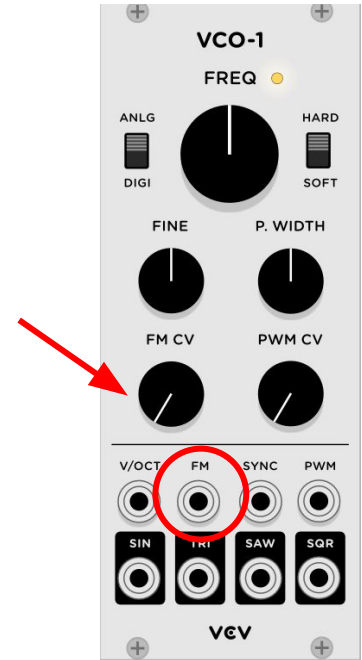
Nell'oscilloscopio il segnale azzurro è il segnale audio, quello fucsia è il segnale di controllo CV



Esempi

Esempio 2: un segnale CV può essere utilizzato per generare una modulazione sul segnale audio.

Il segnale CV collegato all'ingresso FM del VCO si somma internamente al parametro FM (*frequency modulation*) controllato dal cursore e determina il comportamento della modulazione





Tipologie di segnali

Segnali audio (*Audio signals*)

I segnali audio hanno caratteristiche che li rendono percepibili dall'orecchio umano.

Ad esempio, la tensione in uscita prodotta da un oscillatore (VCO) oscilla tra valori positivi e negativi con una frequenza che ricade nel range di udibilità (20 Hz → 20 kHz). Questo segnale, inviato a un diffusore audio, farà sì che il cono si muova avanti e indietro con lo stesso pattern producendo un'onda di pressione nell'aria.

Segnali di controllo (*Control signals*)

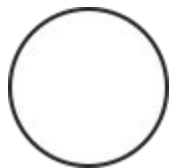
Questi segnali hanno caratteristiche tali che non possono essere uditi. Essi servono per controllare un parametro del segnale generato da un altro modulo.

Il sintetizzatore modulare

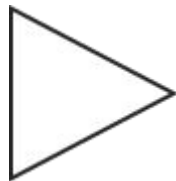




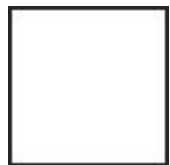
Tipologie di moduli e relativi simboli



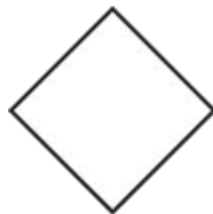
Generatori di segnali audio
(*Audio sources*)



Modificatori di segnali audio
(*Audio modifiers*)



Generatori di segnali di controllo
(*Control voltage sources*)



Modificatori di segnali di controllo
(*Control voltage modifiers*)

I simboli utilizzati per identificare le diverse tipologie di moduli sono tratti dal testo **Patch & Tweak** ([link](#))



Audio sources

In un sistema modulare, **i moduli generatori di segnali audio (Audio sources)** sono le parti dello strumento che si occupano della generazione del segnale audio *nudo e crudo*. Questo segnale può poi essere processato da altri moduli per ottenere il timbro desiderato.

Facendo un paragone con gli strumenti acustici tradizionali, i moduli generatori sono assimilabili alle corde di un pianoforte o di uno strumento ad arco, alla pelle di un timpano etc.





Audio sources

Esistono diverse tipologie di **moduli generatori audio**. I più comuni sono:

- **Oscillatori (VCO)** → possono generare diverse forme d'onda, tra cui *sinusoidale, dente di sega, triangolare, PWM* etc.
- **Generatori di rumore (Noise generator)** → possono generare diverse tipologie di rumore (*white noise, pink noise* etc)
- **Wavetable oscillator** → la forma d'onda è inscritta in una tabella che viene letta a una determinata frequenza
- **Sample player** → campionatori
- **External input** (ad es. il segnale acquisito tramite un microfono)



Audio modifiers

In un sistema modulare, **i moduli modificatori di segnali audio (Audio modifiers o Audio processor)** hanno il compito di modificare un parametro del segnale audio, come l'ampiezza, lo spettro etc. Questi moduli sono spesso controllati da un segnale CV prodotto da un generatore di segnali di controllo.

I moduli modificatori hanno quindi sempre un **ingresso audio** e un **uscita audio** da cui restituiscono il segnale audio modificato. Hanno inoltre uno o più **ingressi CV** con relativi controlli.





Audio modifiers

I **moduli modificatori di segnali audio** più comuni sono:

- **VCA** (*Voltage controlled amplifier*) → controlla l'ampiezza del segnale audio in ingresso
- **VCF** (*Voltage controlled filter*) → modifica lo spettro del segnale in ingresso
- **Mixer** → consente di miscelare più segnali in ingresso in un unico segnale in uscita
- **Reverb** → applica un riverbero al segnale in ingresso
- **Delay** → applica un ritardo al segnale in ingresso

Control voltage sources

I generatori di segnali di controllo (CV) non producono segnali audio, cioè udibili, bensì dei segnali che servono per modificare alcune caratteristiche di un segnale audio.

I segnali prodotti da questi moduli possono avere un comportamento *ciclico* (come nel caso degli oscillatori a bassa frequenza - *LFO*) o *transiente* (come nel caso dei generatori d'involuppo - *ADSR*).





Control voltage sources

Le **sorgenti di controllo** più comuni sono:

- **Envelope generator** → ADSR (*Attack - Decay - Sustain - Release*) e le sue varianti (*AR, AHDSR* etc.)
- **LFO** (*Low frequency oscillator*) → genera un segnale a bassa frequenza (< 30 Hz)
- **CV+Gate Sequencer** → genera sequenze di tensioni di controllo e di *gate*
- **Keyboard controller** → tastiera che genera segnali CV per controllare il pitch dell'oscillatore



CV sources

Arturia Keystep



Korg SQ-1



Entrambi i dispositivi sono dotati di *step sequencer* e uscite CV.



Control voltage modifiers

I modificatori di segnali di controllo (CV) ricevono un segnale di controllo da un modulo sorgente e lo modificano prima di passarlo al modulo successivo. In che modo? Ad esempio aggiungendo (o togliendo) una quantità costante al segnale di controllo (*DC offset*), modificando le fluttuazioni del segnale, miscelando un segnale CV con un altro segnale CV etc.





Control voltage modifiers

I **modificatori di segnali di controllo** più comuni sono:

- **Attenuator** → attenua il segnale CV in ingresso
- **Attenuverter** → attenua il segnale, ne modifica la polarità e consente di aggiungere applicare un *offset* al segnale
- **Inverter** → inverte la fase del segnale
- **Half & full wave rectifier** → rettifica il segnale eliminando o invertendo la fase della componente negativa (o positiva)
- **Slew limiter** → per il *glide* o *portamento*
- **Clock divider or multiplier** → divide o moltiplica proporzionalmente il clock
- **Operatori logici** → *AND, NAND, OR, XOR*



Clock, Trigger & Gate

Clock, **trigger** e **gate** sono 3 segnali CV molto utilizzati nei synth modulari. Essi servono per gestire la sincronizzazione e la durata degli eventi.

Il **gate** è un segnale che, generalmente, passa da 0 a 5V per indicare l'attacco di una nota, rimane a 5V per tutta la durata della nota e torna a 0 non appena questa viene rilasciata. Viene utilizzato di solito per controllare le varie fasi di un inviluppo ADSR

Il **trigger**, invece, è un breve impulso di tensione positiva di durata fissa, che serve a indicare quando un evento (di solito percussivo) deve essere generato o quando una nota tenuta deve essere ribattuta facendo ripartire la fase di attacco.

Clock, Trigger & Gate

Trigger e **gate** possono essere utilizzati come segnali di **clock** per sincronizzare i vari moduli.



Gate: durata variabile dell'evento



Trigger: breve impulso di durata fissa (ad es. utilizzato per *triggerare* eventi percussivi)



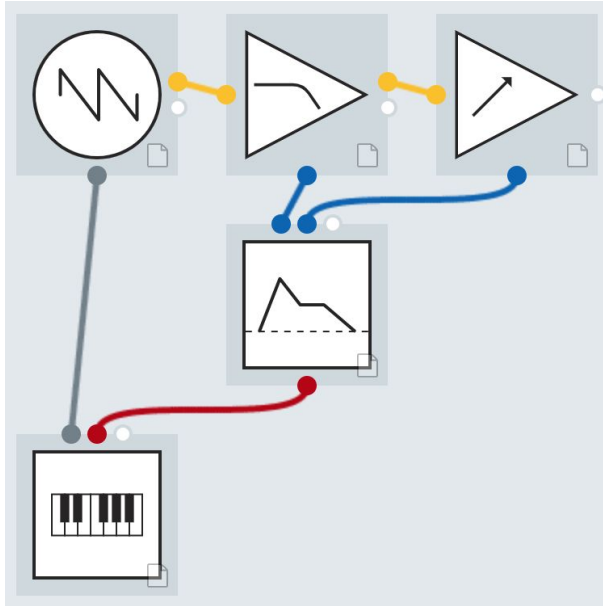
Regole generali per il collegamento dei moduli





I vari moduli di un sintetizzatore modulare possono essere interconnessi tra loro tramite cavi detti **patch chords**.

La particolare configurazione scelta (tipi di moduli e loro collegamento) viene definita **patch**.

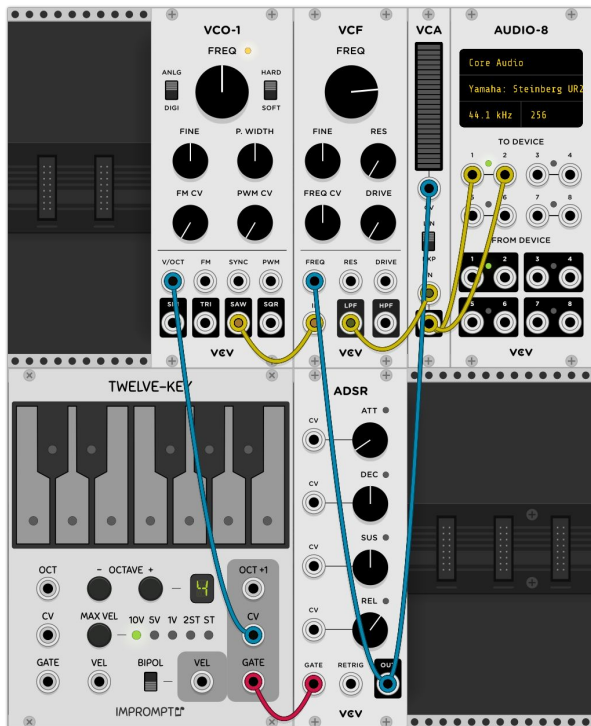
Nel progettare una patch è bene rispettare alcune convenzioni in modo da facilitare la lettura dei percorsi dei diversi tipi di segnale all'interno di una patch.

Regole generali per il collegamento dei moduli



-  I **segnali audio** vanno da sinistra a destra. In questo caso il segnale (onda a dente di sega) generato dall'oscillatore passa prima da un filtro passa-basso (VCF) e poi da un amplificatore (VCA)
- I segnali CV vanno da sotto a sopra.
-  In rosso il **gate** che controlla le fasi dell'*envelope generator*,
-  il quale, a sua volta, modula il comportamento del filtro e dell'amplificatore (in blu le modulazioni).
-  In grigio il segnale CV **V/OCT** attraverso cui la tastiera controlla il pitch dell'oscillatore

Regole generali per il collegamento dei moduli



Nell'immagine qui a fianco la patch sviluppata sul software **VCV Rack** a partire dallo schema della pagina precedente.

N.B.: il segnale **CV** → **V/OCT** è stato segnato in blu (come tutti i segnali CV) non essendo disponibile il colore grigio.

Scarica la patch **Basic Synth**



Synth modulari Vs Synth normalizzati

Nei **sintetizzatori modulari**, i vari elementi - i moduli - possono essere interconnessi a piacimento, non esiste alcun limite alle possibilità di collegamento. Inoltre, l'architettura dello strumento può sempre essere modificata sostituendo o aggiungendo moduli al sistema in funzione delle proprie esigenze creative.

I **sintetizzatori normalizzati** hanno i vari moduli già interconnessi. Il loro utilizzo è generalmente più semplice rispetto ai sistemi modulari, sono facilmente trasportabili e integrano, nella maggior parte dei casi, una tastiera già collegata al generatore di suoni.



Sintetizzatori semi-modulari

**Sintetizzatore modulare
(Eurorack)**



**Sintetizzatore normalizzato
(Minimoog)**





Sintetizzatori semi-modulari

Una terza tipologia è rappresentata dai **sintetizzatori semi-modulari**. Questi strumenti sono dotati di un certo numero di moduli; le interconnessioni sono già pre-impostate, ma possono essere personalizzate sfruttando i punti di input/output dei segnali e l'uso di cavi patch. Inoltre è possibile interfacciare questi strumenti con altri sistemi modulari

Alcuni esempi famosi di questi strumenti sono:

- **Arp 2600**
- **Korg MS-20**
- Synth storici della **EMS** come il **VCS3**, il **Synthi A** e l'**AKS**
- Synth di nuova generazione della **Behringer** come il **Neutron**, il **Crave** e alcuni cloni come il **Pro-1** e il **K-2**



Sintetizzatori semi-modulari

Sintetizzatore semi- modulare
Arp 2600



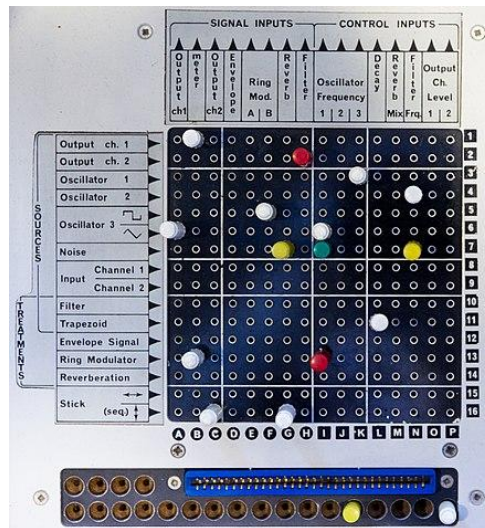
Sintetizzatore normalizzato
Korg MS-20





Sintetizzatori semi-modulari

Pink Floyd - *On the run*
 EMS Synthi AKS ([video](#))



Particolare della matrice del **Synthi AKS**.

Le interconnessioni tra i moduli avvengono attraverso l'uso di *pin* sulla matrice.



Moduli principali di un synth



Struttura dei moduli



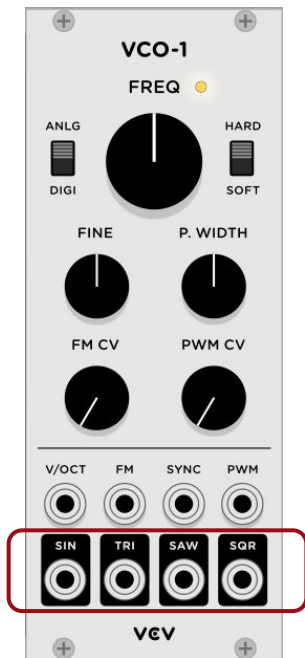
Per descrivere gli elementi principali di un sintetizzatore modulare si farà riferimento al software **VCV Rack**.

VCV Rack è un **sintetizzatore modulare virtuale open-source**. Il software dispone di una libreria di moduli fondamentali a cui è possibile aggiungere centinaia di altri moduli scaricando le librerie disponibili sul sito. La maggior parte di questi moduli è la riproduzione virtuale di moduli hardware esistenti in commercio.

[Scarica VCV Rack](#)



Struttura dei moduli



1



2

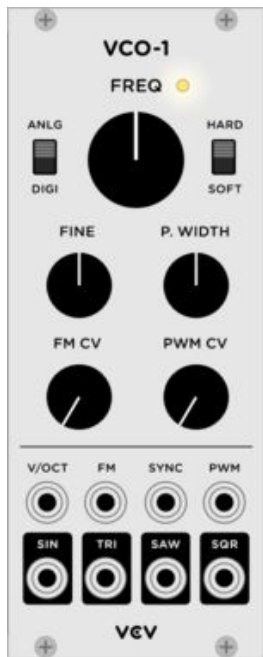
I moduli del software VCV Rack differiscono in base alla tipologia di modulo e alla casa produttrice. Le dimensioni in altezza del modulo sono standard (3U - formato standard Eurorack), mentre quelle in larghezza possono differire (si misurano in HP - *horizontal pitch units* - cioè il numero di fori del rack che vengono occupati in larghezza).

Qui a sinistra due VCO: 1) **VCO** della libreria **VCV Rack Fundamental**; 2) **EvenVCO** della libreria **Befaco**

In entrambi i moduli, le uscite audio con le diverse forme d'onda si trovano **nella parte bassa** (nel primo contrassegnate dalle boccole nere); gli ingressi CV subito sopra.



VCO - Voltage controlled oscillator



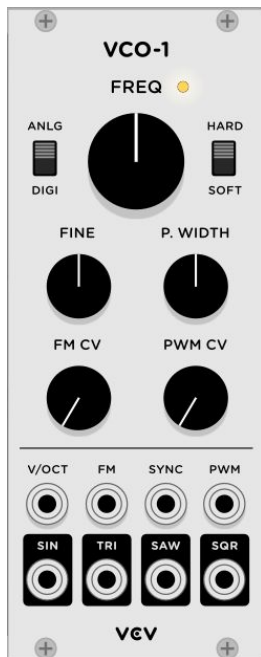
VCO: oscillatore controllato in tensione. È il *modulo generatore di segnali audio* più importante di un sintetizzatore. Nei sistemi modulari, nei sintetizzatori semi-modulari e normalizzati, generalmente, sono presenti 2 o 3 oscillatori, in grado di generare diverse forme d'onda (le più comuni sono *sine*, *saw*, *triangle*, *square*, *pulse width*).

Le bocche nere in basso sono le uscite audio; quelle subito sopra sono gli ingressi CV.

Trattandosi di una sorgente audio, il VCO non ha alcun ingresso audio.



VCO - Voltage controlled oscillator

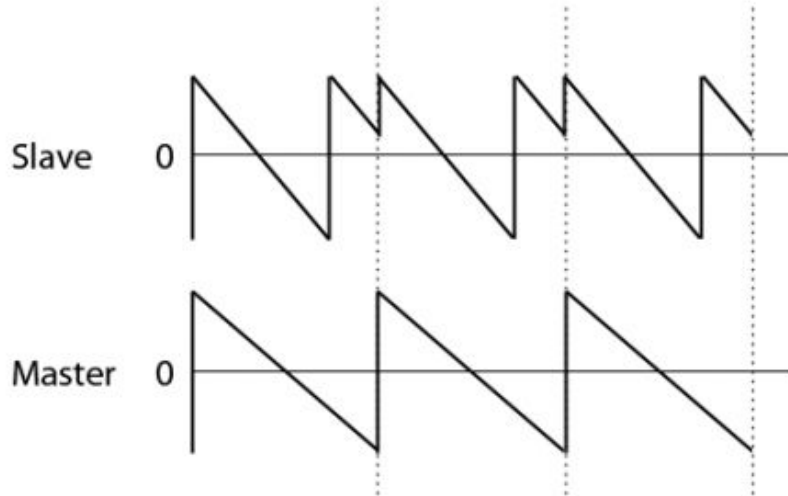


Controlli principali:

- *FREQ* → controllo per l'intonazione della frequenza con scarti di semitono
- *FINE* → *FineTune*, cioè accordatura "fine", consente di "scordare" l'oscillatore con variazioni < al semitono; questo controllo è molto utile quando si sommano i segnali di due o più oscillatori per scordare leggermente gli oscillatori e creare dei *battimenti*
- *P. WIDTH* → *Pulse Width*: consente di impostare il *duty cycle* di un'onda quadra → [vedi immagine](#)
- *FM CV* → controlla la quantità di modulazione di frequenza (la frequenza del segnale del VCO viene modulato da un segnale CV esterno che giunge all'ingresso *FM*)
- *SYNC* → il segnale audio in ingresso a questo input forzerà l'oscillatore (*Slave*) a sincronizzarsi con il primo segnale proveniente da un oscillatore *Master* → [vedi immagine](#)



VCO - Voltage controlled oscillator



Esempio di **Hard Sync**: la fase e il livello del segnale **Slave** vengono resettati sulla posizione del segnale **Master** anche se la frequenza dell'oscillatore **Slave** è diversa da quella dell'oscillatore **Master**. In pratica il ciclo dell'oscillatore **Slave** riparte dalla stessa identica posizione dell'oscillatore **Master**, anche se il ciclo non è concluso.

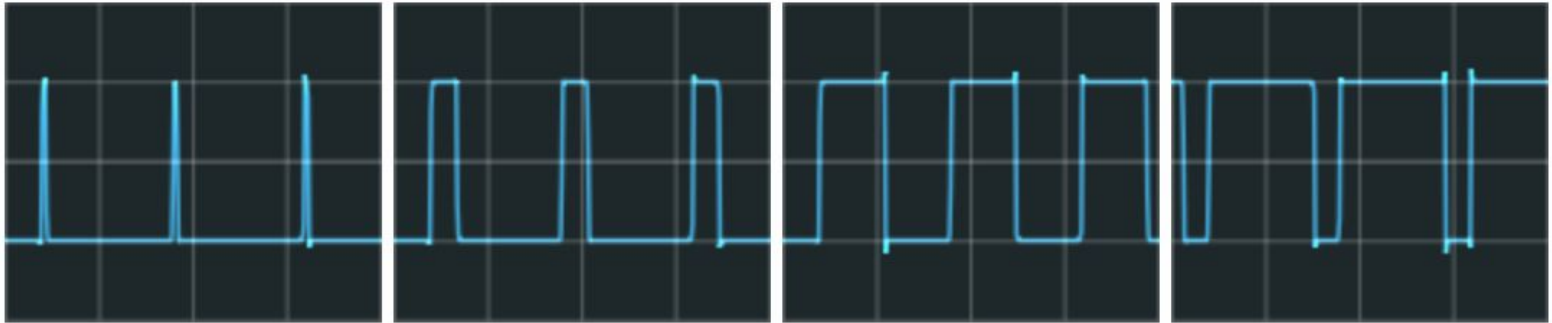
Questo accade nell'**Hard Sync**. Nel **Soft Sync** (commutabile attraverso l'apposito switch sul pannello) l'onda dell'oscillatore **Slave** si resetta solo se si trova in prossimità della fine di un ciclo.

L'**Hard Sync** consente di arricchire il contenuto armonico del segnale.



VCO - Voltage controlled oscillator

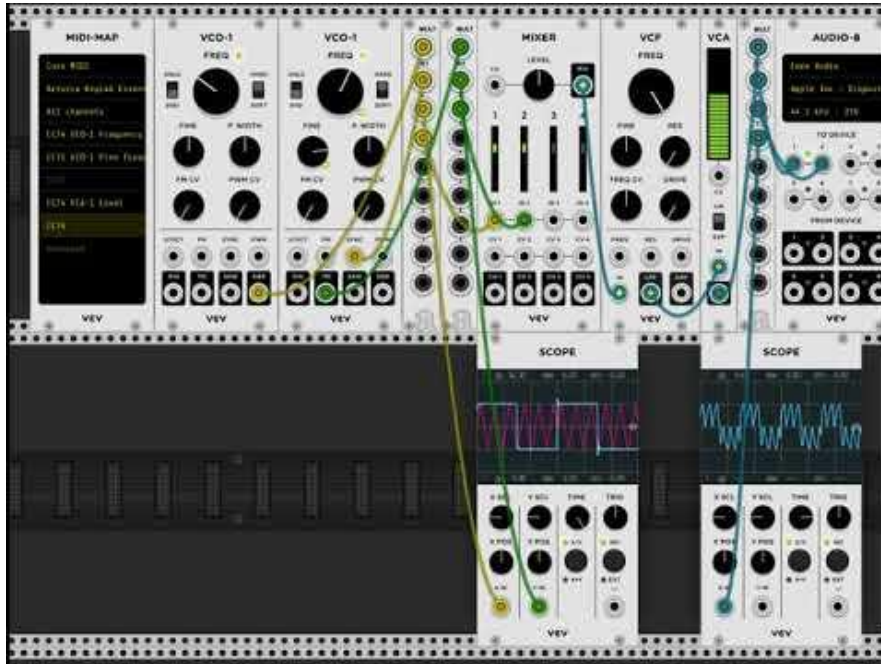
Duty Cycle: consente di impostare il rapporto tra la porzione positiva e quella negativa di un'onda quadra



Onda quadra con diversi valori di *Duty Cycle*



VCO - Voltage controlled oscillator



Esempio di **Hard Sync** tra due oscillatori.

I segnali audio dei due oscillatori sono stati sdoppiati e inviati ai diversi moduli (*Mixer*, *Scope*) utilizzando il modulo *Multiple* (1 IN x 8 OUT)



VCA - Voltage controlled amplifier

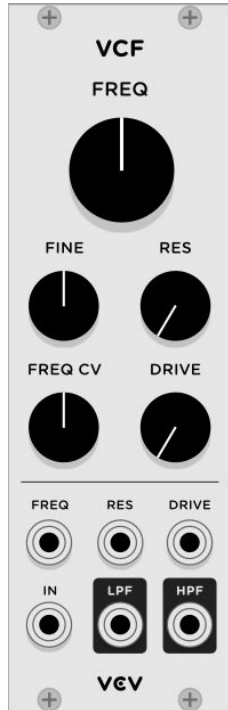


VCA: amplificatore controllato in tensione. Un modulo VCA produce sempre un segnale alla **massima ampiezza**. Pertanto, per modificare l'ampiezza del segnale audio dobbiamo processare quest'ultimo attraverso un **modulo modificatore (audio modifier)**, il VCA. Il VCA riceve un segnale in ingresso (*IN*) e restituisce lo stesso segnale modificato in ampiezza (*OUT*). L'ampiezza del segnale può essere modificata tramite l'apposito controllo (*LEVEL*) e/o tramite un segnale *CV* esterno. Infatti, oltre all'ingresso e all'uscita audio, il VCA dispone di ingressi CV per modulare l'ampiezza del segnale nel tempo (ad es. tramite un *ADSR* o un *LFO*).

Moduli **VCA** della libreria **Fundamental** a 1 o 2 canali



VCF - Voltage controlled filter

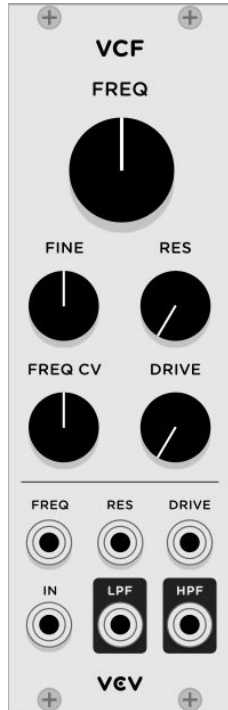


VCF: filtro controllato in tensione. La maggior parte dei sintetizzatori si basano sulla **sintesi sottrattiva**, tecnica attraverso cui la timbrica del suono viene modellata modificando lo spettro del segnale di partenza (segnale complesso, cioè ricco di componenti) attraverso un *filtro*. Il VCF dispone di un ingresso audio e di una o più uscite audio. La frequenza di taglio del filtro può essere impostata tramite l'apposito controllo (*FREQ*) e/o tramite un segnale CV esterno (che giunge al filtro tramite l'ingresso *FREQ*) attraverso cui è possibile modificare il comportamento del filtro nel tempo (il segnale CV può essere generato da un modulo *ADSR* o *LFO*).

Moduli **VCF** della libreria **Fundamental**



VCF - Voltage controlled filter

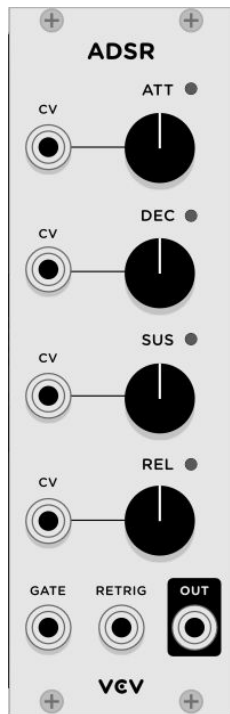


Controlli principali:

- *Freq* → controllo per la frequenza di taglio del filtro (**cutoff frequency**)
- *Fine* → controllo della frequenza di taglio del filtro con variazione “fine”
- *Freq CV* → controlla la quantità di modulazione dello spettro (la frequenza di taglio del filtro viene modulata da un segnale CV esterno che giunge all’ingresso *FREQ*)
- *Resonance* → controlla la risonanza del filtro, cioè l’enfaticizzazione delle frequenze vicine alla frequenza di taglio (la risonanza può essere modulata attraverso un segnale CV esterno che giunge all’ingresso *RES*)
- *Drive* → amplificazione del segnale in uscita (il livello può essere modulato attraverso un segnale CV esterno che giunge all’ingresso *DRIVE*)
- Uscite *LPF* e *HPF* → uscite audio, rispettivamente *Low Pass Filter* e *High Pass Filter*



ADSR - Envelope Generator



ADSR → **Attack - Decay - Sustain - Release**. Questo modulo è un generatore di inviluppo (*envelope generator*). Essendo un **modulo generatore di segnali di controllo** (*CV source*), il modulo *ADSR* non genera alcun segnale audio, bensì un segnale di controllo che viene utilizzato per controllare uno o più parametri di un altro segnale.

Infatti, il segnale di controllo generato dall'*ADSR* può essere utilizzato per controllare l'**inviluppo d'ampiezza** del suono o il suo **inviluppo spettrale**.

Modulo **ADSR** della libreria **Fundamental**



ADSR - Envelope Generator

L'**involuppo** indica la variazione di un parametro nel tempo.

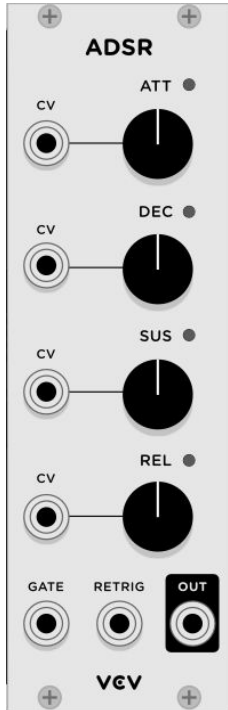
Generalmente sono presenti 4 fasi o transitori:

- **A** → **Attack** (*attacco*): è il tempo impiegato per passare da 0 al valore max
- **D** → **Decay** (*decadimento*): è il tempo impiegato per passare dal valore max a un certo valore (→ valore di sustain)
- **S** → **Sustain** (*costanza*): è il valore a cui si assesta il parametro dopo la fase di decay e che mantiene per una certa durata determinata dall'azione dell'utente (ad es. nota premuta). Il valore di *sustain* generalmente si esprime in % rispetto al valore max
- **R** → **Release** (*rilascio*): è il tempo impiegato per passare dal valore di *sustain* a 0; generalmente l'inizio della fase di sustain è determinato da un'azione dell'utente (ad es. rilascio del tasto)





ADSR - Envelope Generator



Controlli principali:

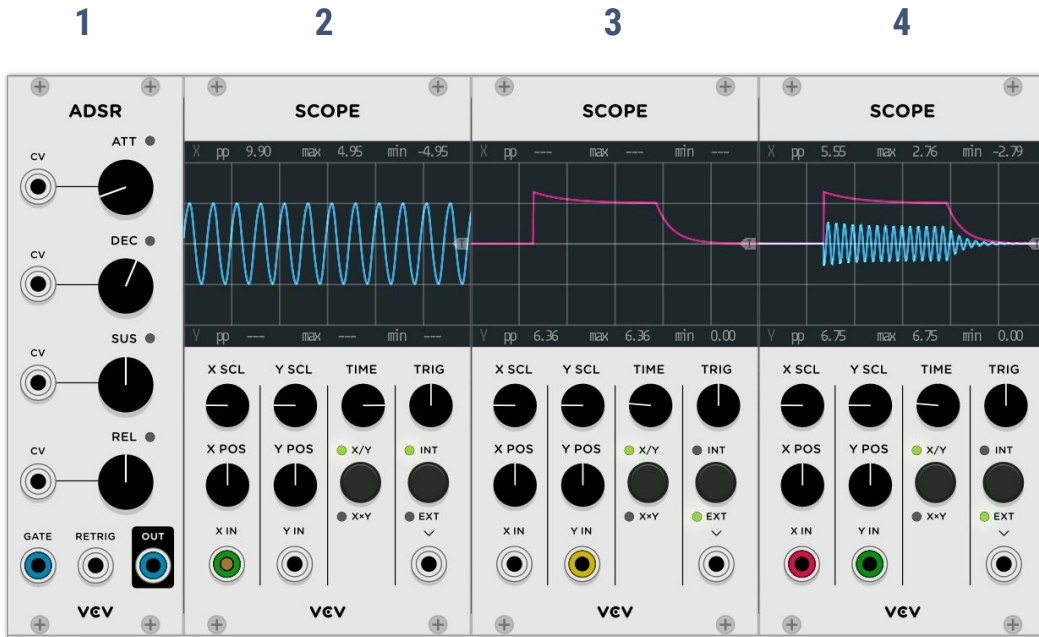
- *ATT* → *Attack*: consente di determinare il tempo di attacco
- *DEC* → *Decay*: consente di determinare il tempo di decadimento fino al val di sustain
- *SUS* → *Sustain*: consente di determinare il livello di a cui si assesta il valore dopo la fase di *decay*; se posto al massimo, l'inviluppo non avrà *decay* (raggiunto il val. max al termine della fase di attacco rimane al max fino all'inizio della fase di *release*)
- *REL* → *Release*: consente di determinare il tempo di rilascio
- *GATE**: ingresso per il segnale *Gate* → quando viene ricevuto un segnale di *Gate* (+5V) parte l'attacco di attacco a cui seguono le fasi successive (*decay* e *sustain*); quando il valore di *Gate* passa a 0 parte l'ultima fase, quella di *release***
- *RETRIG**: ingresso per il segnale *Trigger* → consente di far ripartire l'inviluppo

* vedi la [scheda](#) in cui si parla di *Gate* e *Trigger*

** l'inizio di ciascuna fase dell'inviluppo è segnalata dall'accensione della spia luminosa che si trova sopra il relativo controllo



ADSR - Amplitude Envelope



Generazione di un inviluppo d'ampiezza tramite ADSR

1. ADSR → genera il segnale di controllo (*envelope generator*)
2. Segnale audio non inviluppato
3. Segnale di controllo generato dall'ADSR (si vedono le 4 fasi, *attack, decay, sustain & release*)
4. Segnale audio inviluppato in ampiezza (→ segnale $2 * 3 = 4$)



Inviluppo d'ampiezza tramite ADSR



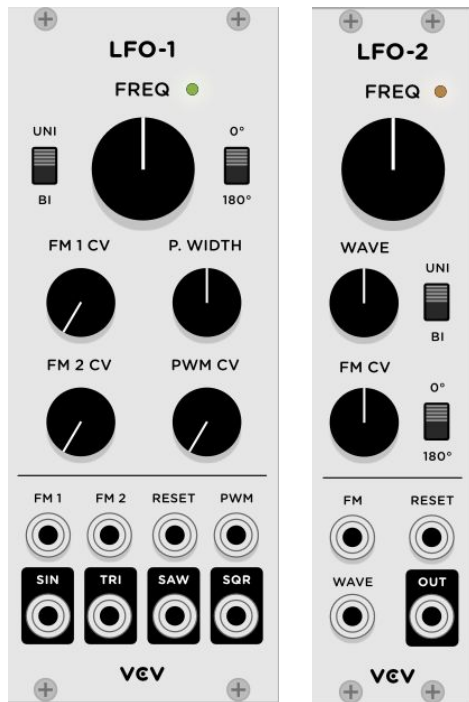
Utilizzo di un **ADSR** per controllare l'ampiezza di un segnale audio

L'inviluppo d'ampiezza è ottenuto controllando l'ampiezza del segnale audio tramite un segnale CV prodotto da modulo ADSR.

L'ampiezza del segnale audio segue il comportamento transiente del segnale CV con le sue 4 fasi - *Attack*, *Decay*, *Sustain* & *Release* (la durata della fase di Sustain non è predeterminata, ma dipende da quanto tempo si tiene premuto il tasto sulla *master keyboard*)



LFO - Low Frequency Oscillator



LFO → **Low Frequency Oscillator**. Insieme all'ADSR, è il modulo **generatore di segnali di controllo** più importante, sempre presente in tutti i synth.

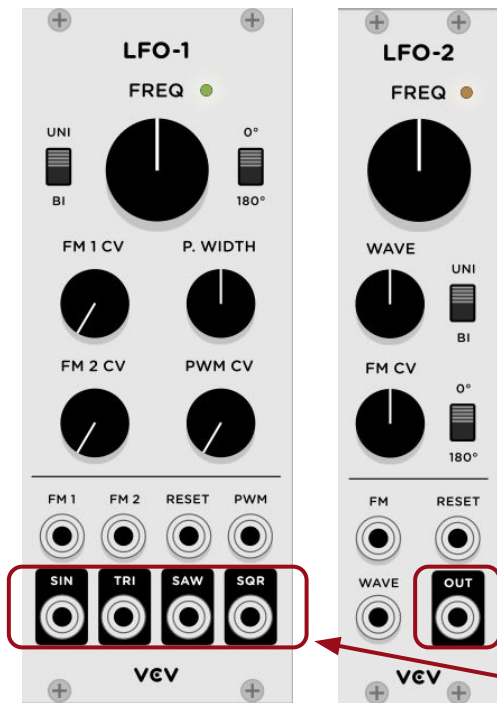
L' *LFO* è un oscillatore, ma, a differenza del *VCO*, non produce un segnale con caratteristiche audio: la frequenza del segnale sarà infatti generalmente **inferiore ai 30 Hz**. Inoltre, l' *LFO* può produrre segnali **unipolari**, cioè segnali i cui valori di tensione oscillano solo nel campo positivo (o negativo).

Come il *VCO*, l'oscillatore a bassa frequenza può produrre diversi tipi di forme d'onda (*sine, sawtooth, triangle, square*).

Moduli **LFO** della libreria **Fundamental**



LFO - Low Frequency Oscillator



Controlli principali:

- *FREQ* → controlla la frequenza dell'oscillatore
- *FM 1/2 CV* → controlli per la modulazione delle frequenza dell'oscillatore
- *P. WIDTH* → *Pulse Width*: consente di impostare il *duty cycle* dell'onda quadra
- *PWM CV* → consente di impostare il livello della modulazione *PW* sulla base del segnale modulante *CV* che giunge al relativo ingresso (*PWM*)
- *UNI/BI* → consente di scegliere tra generazione di un segnale *uni/bi-polare*
- *0°/180°* → consente di invertire la fase del segnale
- *RESET* → un segnale *TRIG* inviato a questo ingresso resetta la fase del segnale

uscite con le diverse forme d'onda



LFO - Low Frequency Oscillator



LFO - segnale unipolare: il segnale oscilla solo nel campo positivo



LFO - segnale bipolare: il segnale oscilla attorno allo 0



LFO - Low Frequency Oscillator



Segnale unipolare con fase 0°



Segnale unipolare in controfase (180°)



ADSR vs LFO

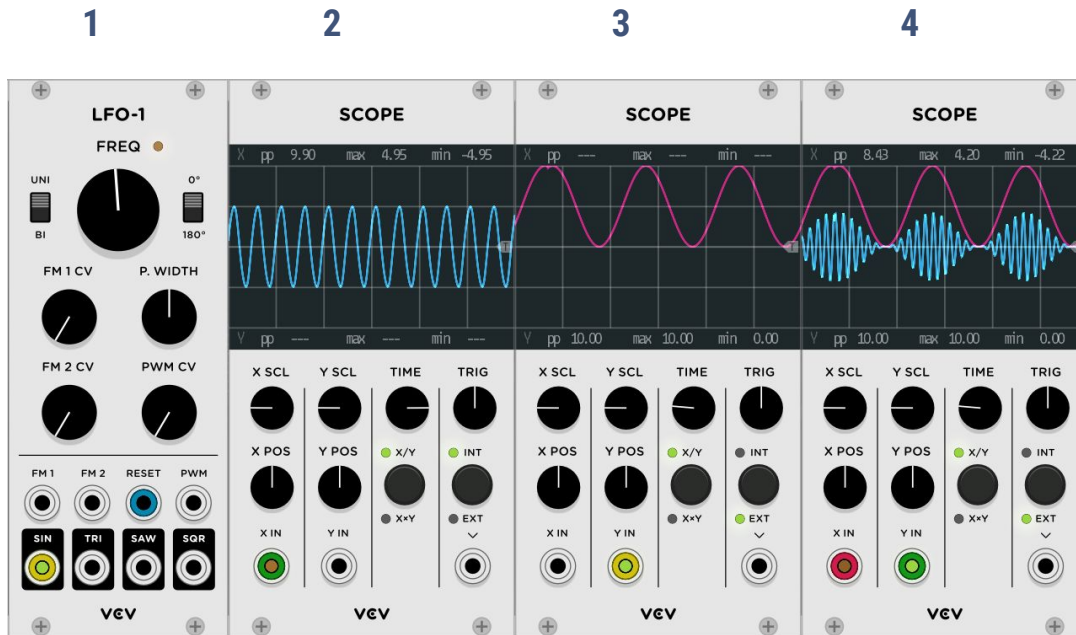
ADSR e LFO sono entrambi **moduli generatori di segnali di controllo** (*CV source*) o **sorgenti di modulazione** → Il segnale generato da questi moduli serve per modulare nel tempo un parametro di un altro modulo.

Le caratteristiche dei segnali generati dai due moduli sono diverse:

- ADSR → genera **tensioni continue variabili nel tempo** (segnale con comportamento *transiente*)
- LFO → genera **tensioni uni/bipolari alternate**, i cui valori cambiano ciclicamente (oscillano) tra un valore max e un valore min ad una certa frequenza (segnale con comportamento *ciclico*)



Modulazione d'ampiezza tramite LFO



Generazione di una modulazione d'ampiezza tramite LFO

1. *LFO* → genera il segnale di controllo
2. Segnale audio non involuppato
3. Segnale di controllo generato dall'*LFO* (i valori cambiano ciclicamente)
4. Segnale audio modulato in ampiezza (→ segnale $2 * 3 = 4$)
→ effetto di *tremolo*



Modulazione d'ampiezza tramite LFO



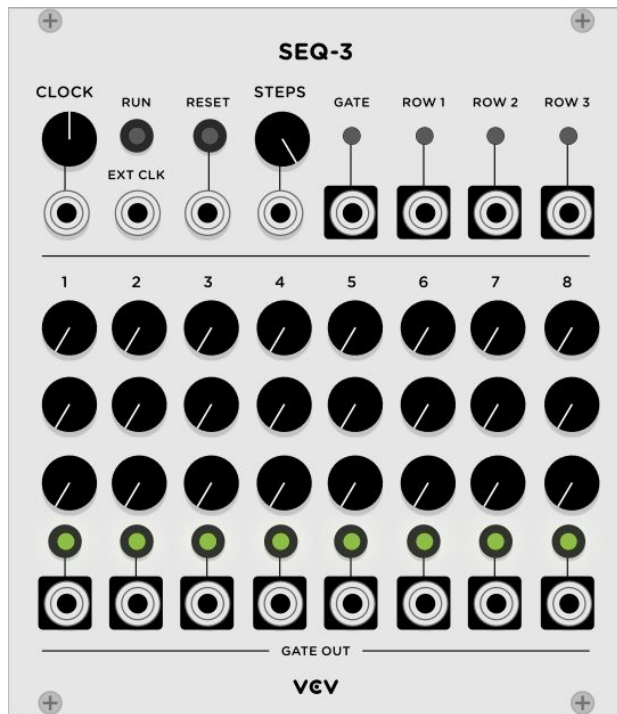
Utilizzo di uno **LFO** per modulare l'ampiezza di un segnale audio

L'effetto di **tremolo** è ottenuto modulando l'ampiezza del segnale audio tramite un segnale CV prodotto da un LFO.

L'ampiezza del segnale audio segue il comportamento ciclico del segnale CV dell'LFO.



CV + Gate Sequencer



Sequencer: è un **modulo generatore di segnali di controllo** (CV source) che genera una sequenza di tensioni di controllo. Ogni “step” della sequenza può essere impostato su un diverso valore di tensione che, nella maggior parte dei casi, serve per definire il *pitch* di una nota. In corrispondenza di ogni step, il *sequencer* genera anche un segnale di **gate**. La frequenza con cui vengono generate le sequenze di segnali CV e Gate viene impostata tramite un **clock**, interno o esterno al modulo.

Modulo **SEQ-3** della libreria **Fundamental**



CV + Gate Sequencer



Il modulo **SEQ-3** della libreria *Fundamental* può generare contemporaneamente 3 sequenze di segnali CV (*ROW 1*, *ROW 2* e *ROW 3*), che possono controllare moduli diversi.

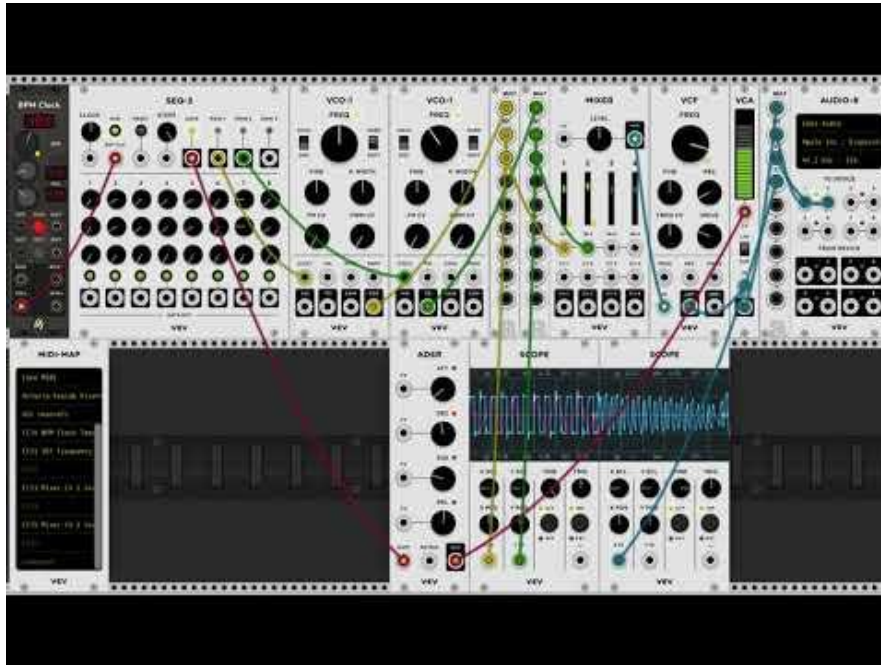
Ogni sequenza è composta da **8 step**. Il numero di step può essere modificato dall'apposito controllo *STEPS*.

La velocità con cui vengono generati i segnali CV e GATE viene impostata con il controllo *CLOCK* o tramite un clock esterno (collegato all'ingresso *EXT CLK*)

Modulo **SEQ-3** della libreria *Fundamental*



CV + Gate Sequencer

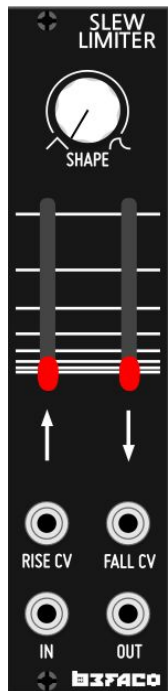


Utilizzo di uno **sequencer** per generare due sequenze che controllano il pitch dei due oscillatori presenti nella patch.

Il sequencer genera anche segnali di **GATE** che vengono utilizzati per pilotare l'ADSR, il quale, a sua volta, controlla il modulo VCA.



Slew Limiter



Slew Limiter: questo modulo è un **modificatore di segnali di controllo** (*CV modifier*). Pertanto, questo modulo ha un ingresso (*IN*) per i segnali di controllo e un'uscita (*OUT*) da cui restituisce il segnale CV modificato. Il suo scopo è quello di "smussare" il segnale in ingresso in modo tale che il valore di tensione non venga raggiunto subito, ma gradualmente.

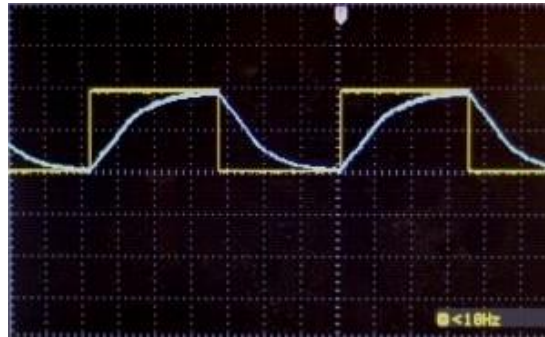
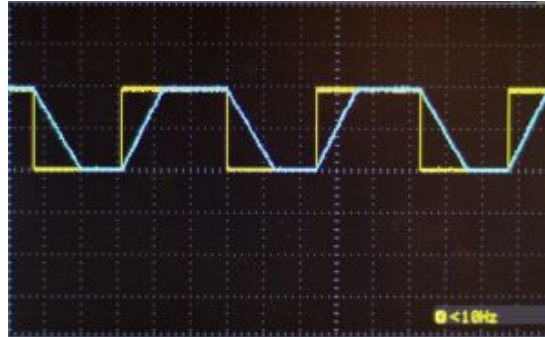
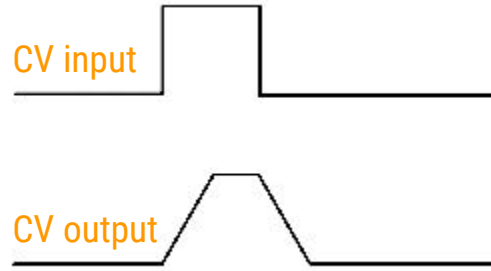
Viene comunemente utilizzato per creare effetti di **glide** o **portamento**, cioè il passaggio graduale da un pitch a un altro (vedi video →)

La velocità con cui avviene questo passaggio può essere impostata in modo differenziato per i valori ascendenti (*Rise*) e per i valori discendenti (*Fall*).

Modulo **Slew Limiter** della libreria **Befaco**

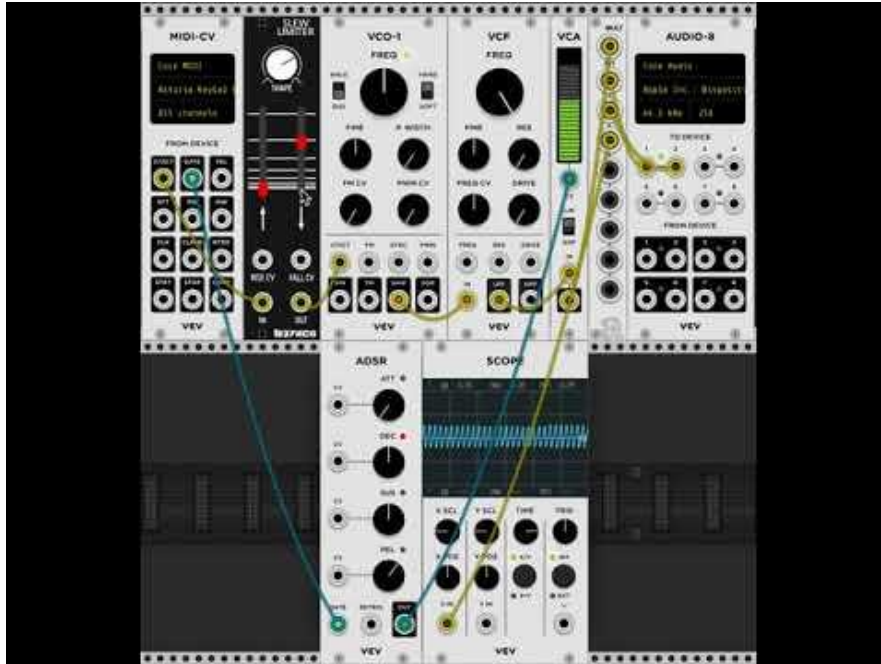


Slew Limiter





Slew Limiter



Creazione di un effetto *glide* o *portamento* tramite il modulo **Slew Limiter**.

Il segnale CV generato dalla *master keyboard* e modificato dallo *Slew Limiter* viene utilizzato come segnale 1V/Oct per il VCO.

Il tempo di interpolazione (*Rise & Fall*) dei valori di tensione viene modificato nel corso del video. Il passaggio da una nota alla successiva avviene con un *glissando*.

Il controllo *Shape* consente di scegliere se il passaggio da un valore al successivo deve essere lineare o logaritmico.



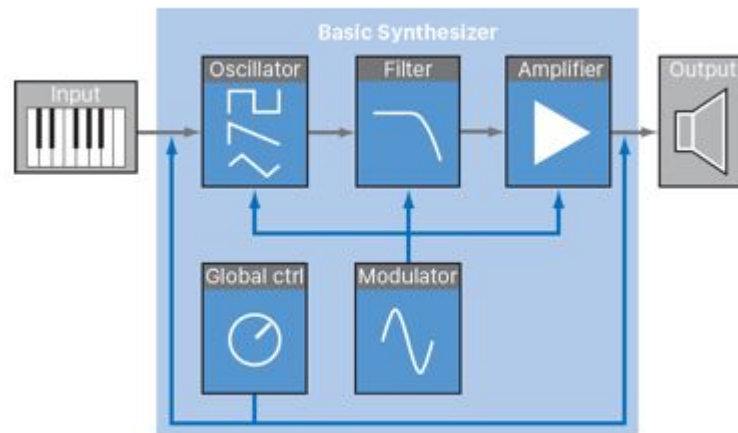
Sintesi sottrattiva

Concetti di base



Sintesi sottrattiva: cos'è?

A differenza della **sintesi additiva**, in cui il timbro viene generato sommando singole componenti semplici, nella **sintesi sottrattiva** si parte già da un **segnale ricco di armonici** e lo si modella sottraendo a quest'ultimo porzioni dello **spettro** mediante l'utilizzo di **filtri**.





Il filtro

L'elemento fondamentale di una catena di sintesi sottrattiva è il **filtro**.

Un filtro è un dispositivo che serve a filtrare una porzione dello spettro del segnale audio attenuandone l'ampiezza, mentre lascia passare le altre regioni dello spettro inalterate (o quasi).

Nei sintetizzatori analogici questo dispositivo prende il nome di **VCF** (*Voltage controlled filter*).

Il *VCF*, come già specificato nelle precedenti schede, è quindi un modulo modificatore di segnali audio.



Il filtro

Il filtro è il modulo che maggiormente contribuisce alla modellazione del timbro dello strumento. Tramite questo modulo modificatore, infatti, è possibile esaltare o, viceversa, attenuare, alcune componenti armoniche della sorgente sonora.

Per descrivere il comportamento di un filtro occorre individuare due caratteristiche principali

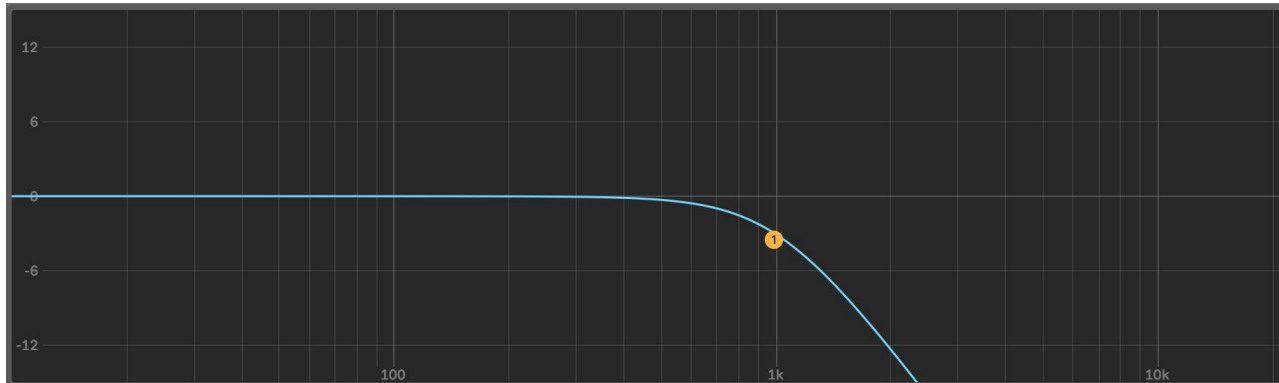
- La **tipologia di un filtro** (*filter mode*) descrive **quali** armoniche vengono attenuate
- La **pendenza di un filtro** (*filter slope*) **quanto** il livello di queste armoniche viene attenuato



Cutoff frequency

La **frequenza di taglio** (*cutoff frequency*) è il parametro più importante di un filtro. Essa stabilisce la soglia alla quale il filtro inizia ad agire.

Generalmente, le frequenze che si collocano in prossimità della frequenza di taglio subiscono già un'attenuazione di **-3dB**.



Filtro **passa-basso** con frequenza di taglio a **1000 Hz**.
Alla frequenza di taglio il segnale ha già subito un'attenuazione di **3 dB**.



Le tipologie di filtro

Le diverse **tipologie di filtri** sono:

1. **Filtro passa-basso** (*Low-pass filter - LPF*): attenua le frequenze che si collocano **al di sopra** della frequenza di taglio. Il filtro passa-basso è il tipo di filtro più comune nei sintetizzatori.
2. **Filtro passa-alto** (*High-pass filter - HPF*): attenua le frequenze che si collocano **al di sotto** della frequenza di taglio
3. **Filtro passa-banda** (*Band-pass filter - BPF*): attenua le frequenze che si collocano **al di sopra** e **al di sotto** della frequenza di taglio detta **frequenza centrale**
4. **Filtro elimina-banda** (*Band-reject filter* o *Notch filter - N*) attenua le frequenze che ricadono all'interno di una banda



Filtri multimodali

Molti filtri appartengono a una precisa tipologia. Essi sono cioè solo di un tipo, ad esempio passa-basso o passa-alto etc.

Tuttavia, esistono pure i filtri *multimodali*, filtri cioè che possono funzionare in più modi. Questi filtri hanno quindi un solo ingresso da cui ricevono il segnale audio e più uscite, una per ciascuna tipologia di filtro.



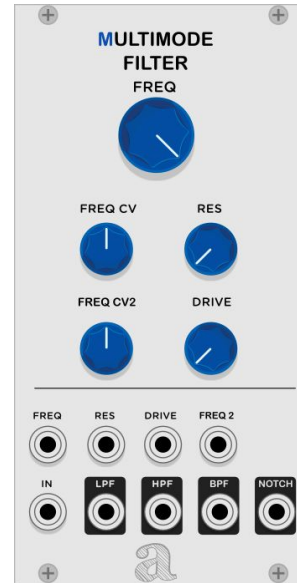
Filtri multimodali



Filtro passa-basso



Tipologia di filtro selezionabile
(una sola uscita)



Filtro multimodale
con più uscite



La pendenza di un filtro - *filter slope*

La pendenza di un filtro definisce quanto è ripida la curva con cui le frequenze dello spettro del segnale vengono attenuate.

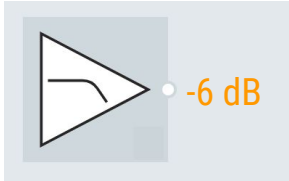
Generalmente un filtro produce un'attenuazione di **-6dB** per ottava (**-6dB/oct**).

Attenuazione più ripide si possono ottenere collegando più filtri **in serie**
(→ vedi [scheda](#) successiva)

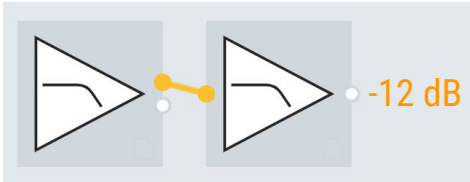


La pendenza di un filtro - *filter slope*

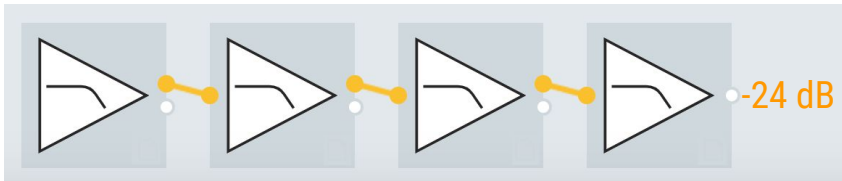
1)



2)



3)



1 filtro → filtro a 1 polo → *slope* -6 dB

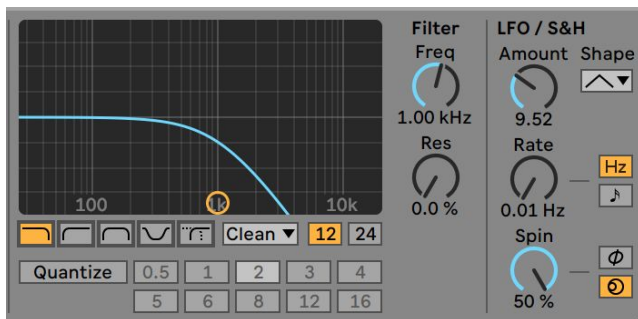
2 filtri in serie → filtro a 2 poli → *slope* -12 dB

4 filtri in serie → filtro a 4 poli → *slope* -24 dB



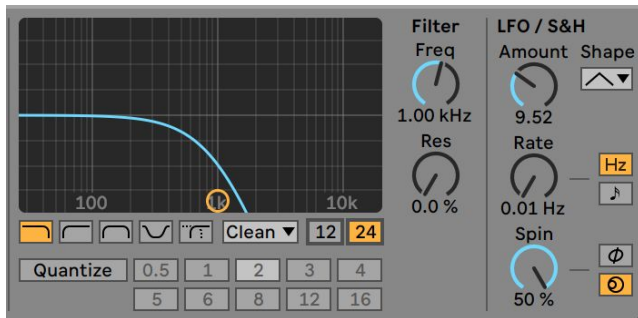
La pendenza di un filtro - *filter slope*

1)



- 1) filtro passa-basso con attenuazione di **-12 dB** e frequenza di taglio 1000 Hz

2)

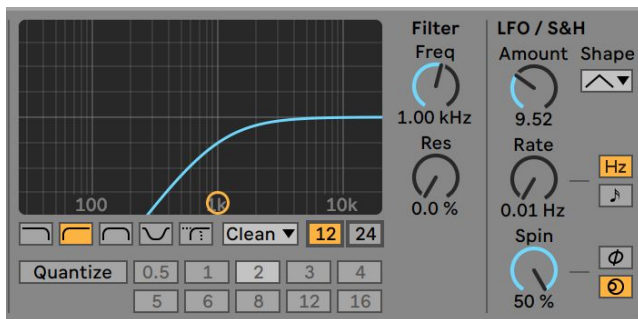


- 2) filtro passa-basso con attenuazione di **-24 dB** e frequenza di taglio 1000 Hz



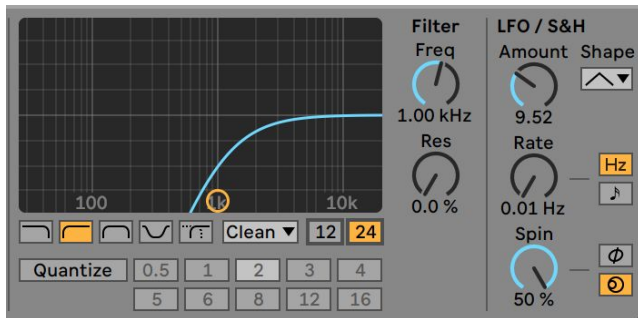
La pendenza di un filtro - *filter slope*

1)



- 1) filtro passa-alto con attenuazione di **-12 dB** e frequenza di taglio 1000 Hz

2)



- 2) filtro passa-alto con attenuazione di **-24 dB** e frequenza di taglio 1000 Hz



La pendenza di un filtro - *filter slope*

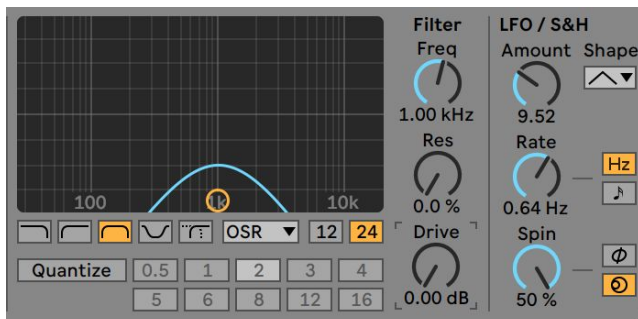
Nei filtri *passa-banda* ed *elimina-banda*

- il valore del ***cutoff*** definisce la frequenza centrale del filtro
- il parametro ***Resonance*** definisce l'ampiezza di banda (***band width***) e cioè la larghezza della **campana del filtro**. Maggiore è il valore del parametro ***Resonance/Band width*** più stretta sarà la banda passante (***filtro passa-banda***) o la banda attenuata (**filtro elimina-banda**)



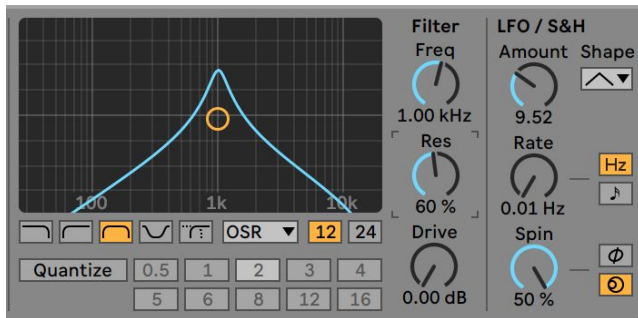
La pendenza di un filtro - *filter slope*

1)



- 1) filtro passa-banda con attenuazione di **-12 dB**
frequenza centrale 1000 Hz e Res 0%

2)

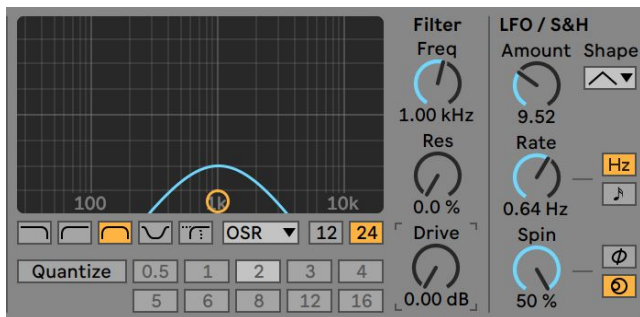


- 2) filtro passa-banda con attenuazione di **-12 dB**
frequenza centrale 1000 Hz e Res 60%



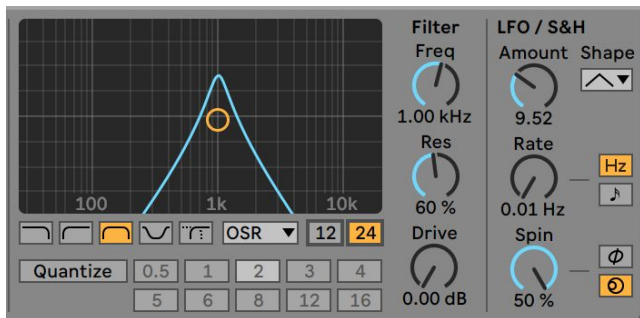
La pendenza di un filtro - *filter slope*

1)



- 1) filtro passa-banda con attenuazione di **-24 dB**
frequenza centrale 1000 Hz e Res 0%

2)

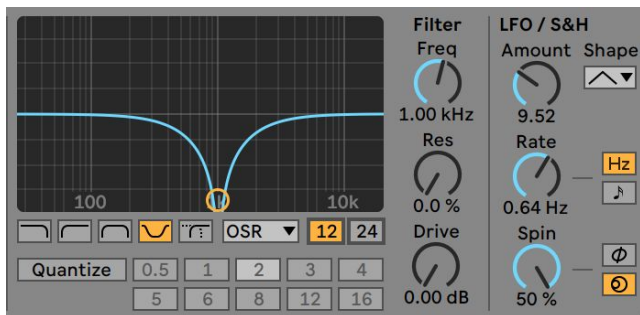


- 2) filtro passa-banda con attenuazione di **-24 dB**
frequenza centrale 1000 Hz e Res 60%



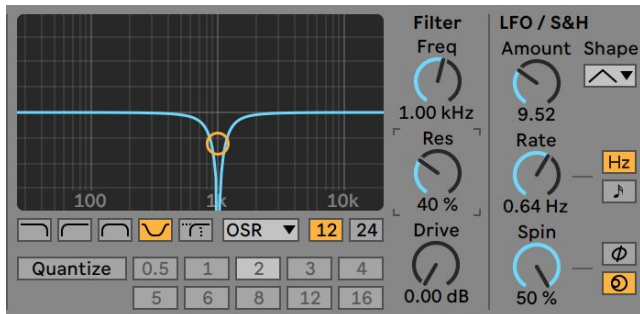
La pendenza di un filtro - *filter slope*

1)



- 1) filtro elimina-banda con attenuazione di **-12 dB**
frequenza centrale 1000 Hz e Res 0%

2)

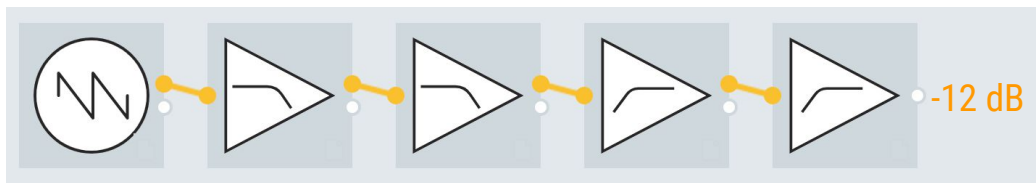


- 2) filtro elimina-banda con attenuazione di **-12 dB**
frequenza centrale 1000 Hz e Res 40%



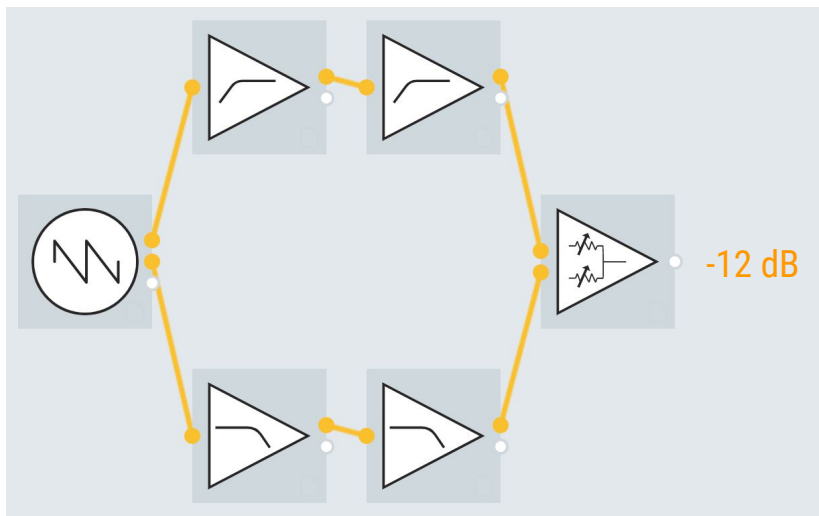
Collegamento in serie / in parallelo

1)



collegando in **serie** uno o più filtri passa-basso + uno o più filtri passa alto si ottiene un filtro **passa-banda** (*band-pass filter*)

2)



collegando in **parallelo** uno o più filtri passa-basso + uno o più filtri passa alto si ottiene un filtro **elimina-banda** (*band reject o notch filter*)



Spectral envelope

Il comportamento di un filtro può essere controllato nel tempo in 2 modi:

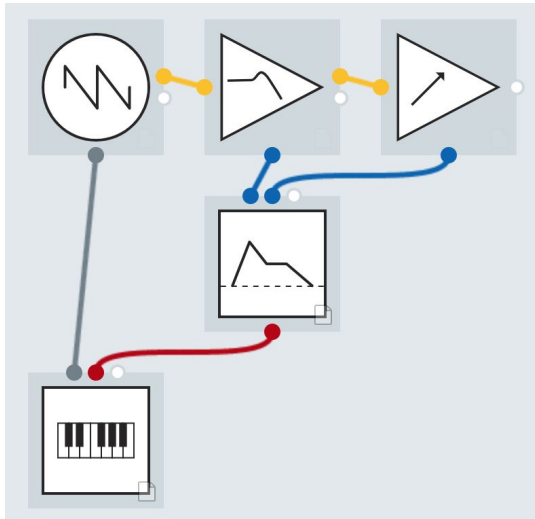
- tramite un ADSR
- tramite un LFO

Come già visto, entrambi i modulo sono **moduli generatori di segnali di controllo** (*CV source*) o **sorgenti di modulazione** → Il segnale generato da questi moduli serve per modulare nel tempo un parametro di un altro modulo.



Spectral envelope

Concentriamoci per il momento sull'utilizzo dell'**ADSR** o **envelope generator** (generatore d'involuppo) applicando il segnale di controllo generato da questo modulo all'ingresso CV del filtro **VCF**.



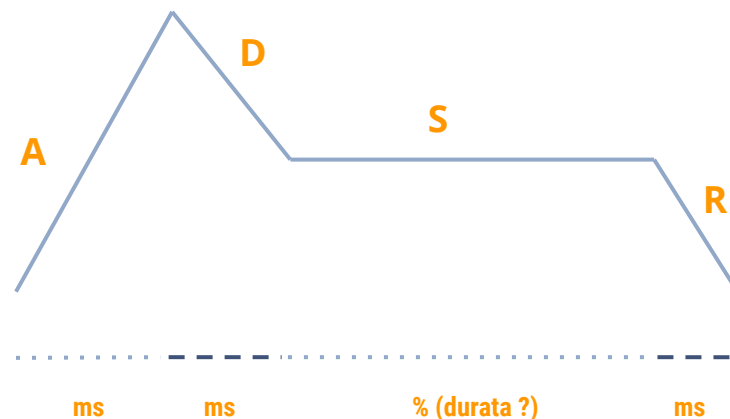
Nello schema qui a fianco il modulo ADSR è collegato sia al filtro passa-basso sia al VCA. Pertanto controllerà sia l'involuppo d'ampiezza sia l'involuppo spettrale



Spectral envelope

Affinché ci sia modulazione occorre spostare il parametro *freq CV* del filtro dalla posizione centrale (assenza di modulazione) verso sinistra o verso destra). La frequenza di taglio del filtro sarà in questo modo pilotata dall'**ADSR**

- **A** → **Attack** (*attacco*): dal valore iniziale di *cutoff* impostato tramite il parametro *FREQ* del VCF, il filtro raggiunge il valore max. (positivo o negativo) impostato sul controllo *freq CV*
- **D** → **Decay** (*decadimento*): dal valore max il *cutoff* raggiunge il valore di *sustain*
- **S** → **Sustain** (*costanza*): il valore di *cutoff* si mantiene finché il tasto rimane premuto
- **R** → **Release** (*rilascio*): dal valore di *sustain* il valore di *cutoff* ritorna al valore di partenza



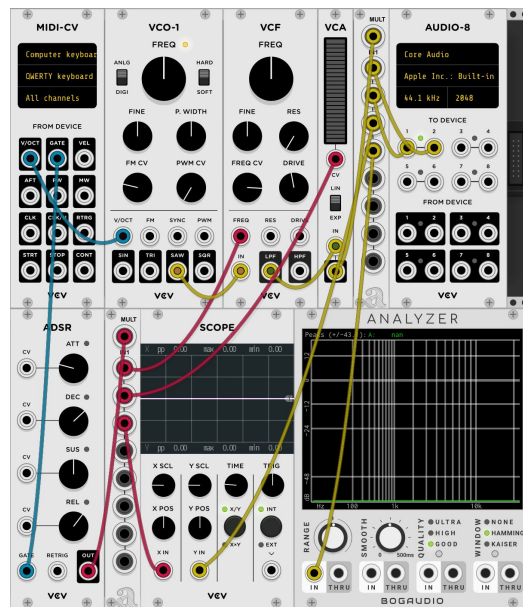


Spectral envelope

Nella patch qui a fianco l'ADSR controlla sia il VCA (*inviluppo d'ampiezza*) sia il VCF (*inviluppo spettrale*). Il filtro si aprirà e si chiuderà seguendo il comportamento dell'ADSR.

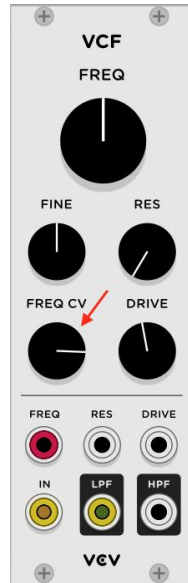
fai clic [qui](#) per scaricare la patch

fai clic [qui](#) per aprire un'immagine ingrandita della patch





Spectral envelope



Il valore *Freq CV* positivo: nella fase di attacco la frequenza di taglio si sposta dal valore iniziale verso l'alto, nella fase di *decay* si richiude fino a raggiungere il livello di *sustain*, rimane costante e infine con la fase di *release* raggiunge il valore iniziale:

filtro *chiuso* → *aperto* → *chiuso*



Il valore *Freq CV* negativo: nella fase di attacco la frequenza di taglio si sposta dal valore iniziale verso il basso, nella fase di *decay* si riapre fino a raggiungere il livello di *sustain*, rimane costante e infine con la fase di *release* raggiunge il valore iniziale:

filtro *aperto* → *chiuso* → *aperto*



Spectral envelope

La **modulazione dello spettro** del suono nel tempo è un elemento molto importante della sintesi del suono perché consente di ottenere suoni più dinamici e più vicini dal punto di vista acustico e del comportamento spettrale a quelli degli strumenti acustici tradizionali.

Infatti il suono dei nostri strumenti evolve nel tempo non soltanto in ampiezza, ma anche come contenuto armonico.