

SYNTEZA SUBTRAKTYWNA

Wprowadzenie

Synteza subtraktywna – *subtractive synthesis*
ang. *subtraction* – odejmowanie

Pierwsza historycznie metoda syntezy dźwięku

- analogowa metoda syntezy
(obecnie: cyfrowa emulacja)
- polega na przekształcaniu (filtrowaniu, modulowaniu, wzmacnianiu) złożonego sygnału wytwarzanego przez generatory

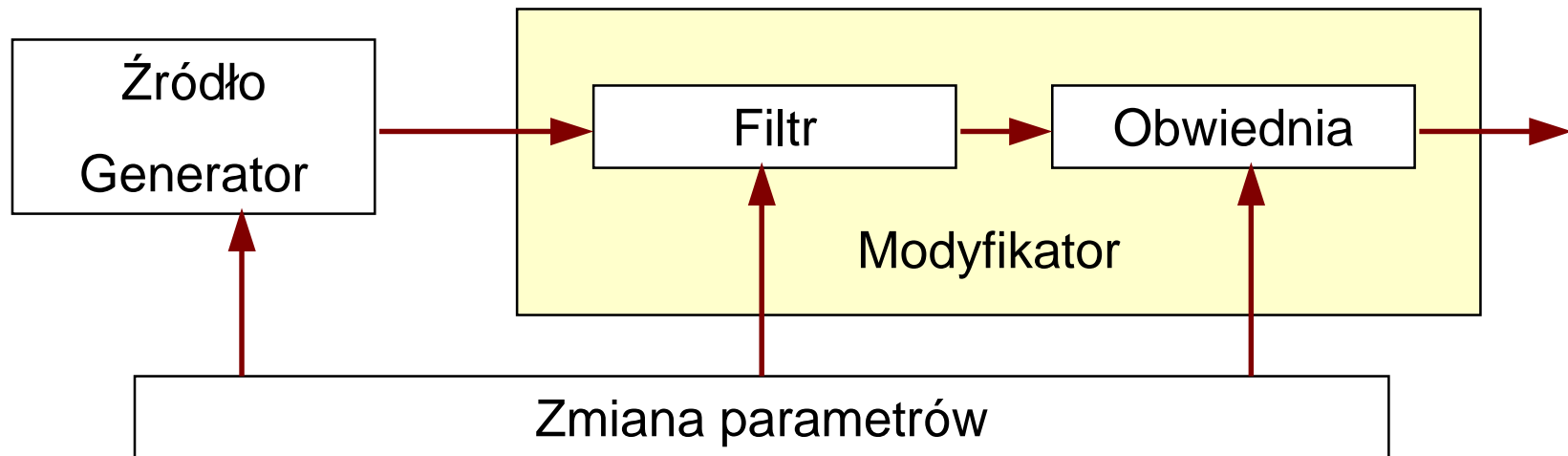
Inne nazwy:

- synteza analogowa (*analogue synthesis*)
- synteza modułarna (*modular synthesis*)

„Źródło - modyfikator”

Metoda subtraktywna działa w oparciu o zasadę „źródło – modyfikator”

- źródło – generator
- modyfikator – filtr, wzmacniacz, modulatory

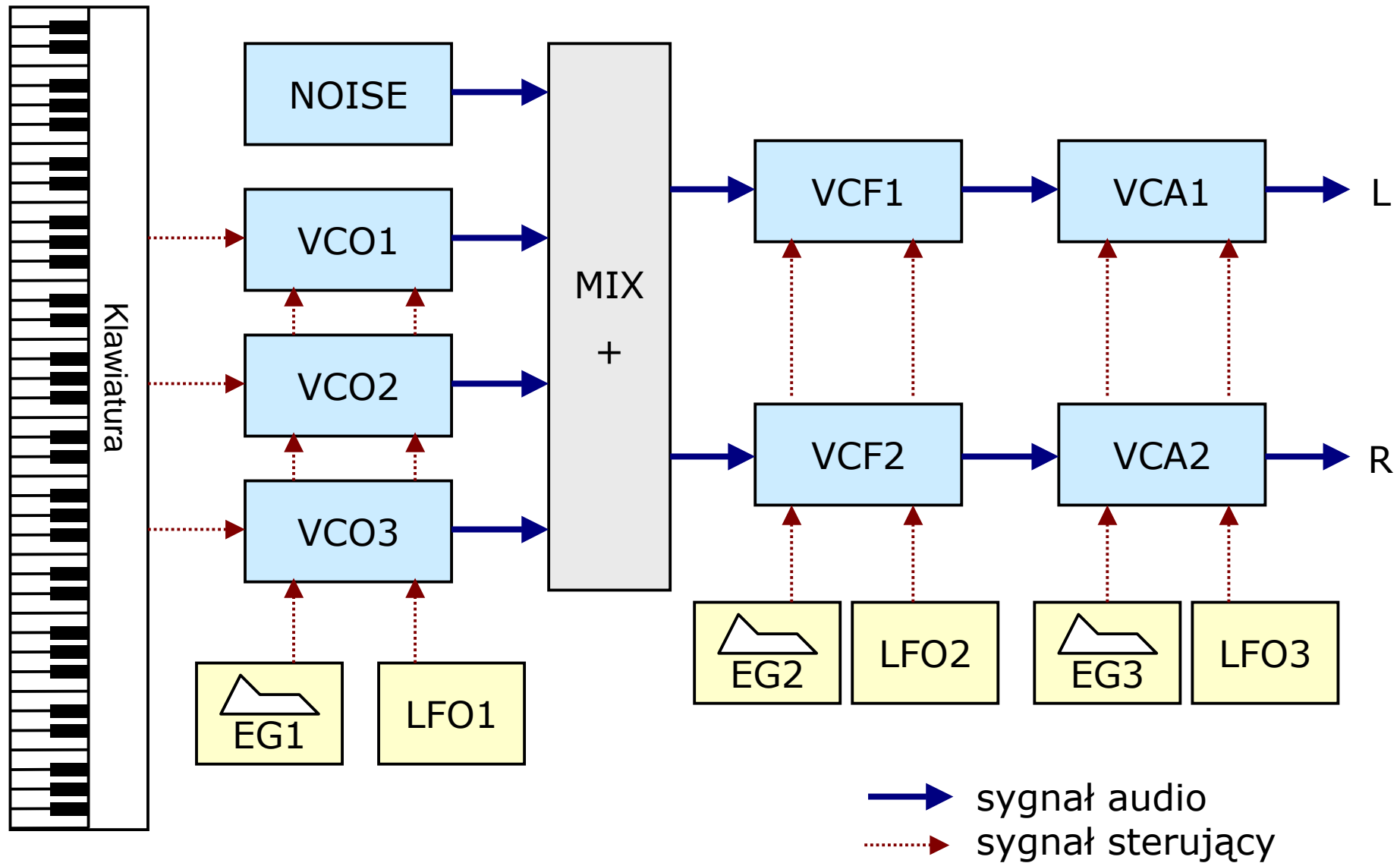


Elementy syntezy subtrakcyjnego

Syntezy subtrakcyjny ma budowę modułową

- **VCO** – *Voltage Controlled Oscillator*
generator sterowany napięciowo
- **VCA** – *Voltage Controlled Amplifier*
wzmacniacz sterowany napięciowo
- **VCF** – *Voltage Controlled Filter*
filtr sterowany napięciowo
- **EG** – *Envelope Generator*
generator obwiedni
- **LFO** – *Low Frequency Oscillator*
generator niskich częstotliwości

Schemat syntezy subtrakcyjnej



Modułowa budowa syntezy

Syntezy subtraktywny może być zbudowany na dwa sposoby:

- moduły łączone przez użytkownika za pomocą przewodów (np. *Moog Modular*)
 - znacznie większe możliwości brzmieniowe kosztem trudniejszej obsługi, muzyk sam tworzy algorytm syntezy!
- stałe połączenia między modułami (np. *Minimoog*), ustalony algorytm syntezy

Sterowanie napięciowe

Moduły syntezy są sterowane napięciowo (*voltage controlled*) – parametry modułu są regulowane za pomocą **napięcia sterującego**, pochodzącego z:

- elementów kontrolnych (np. potencjometrów na panelu czołowym, klawiatury);
- sygnałów sterujących z wyjść innych modułów

Jeden moduł może sterować działaniem innych modułów – **modulować** je.

VCO - generator

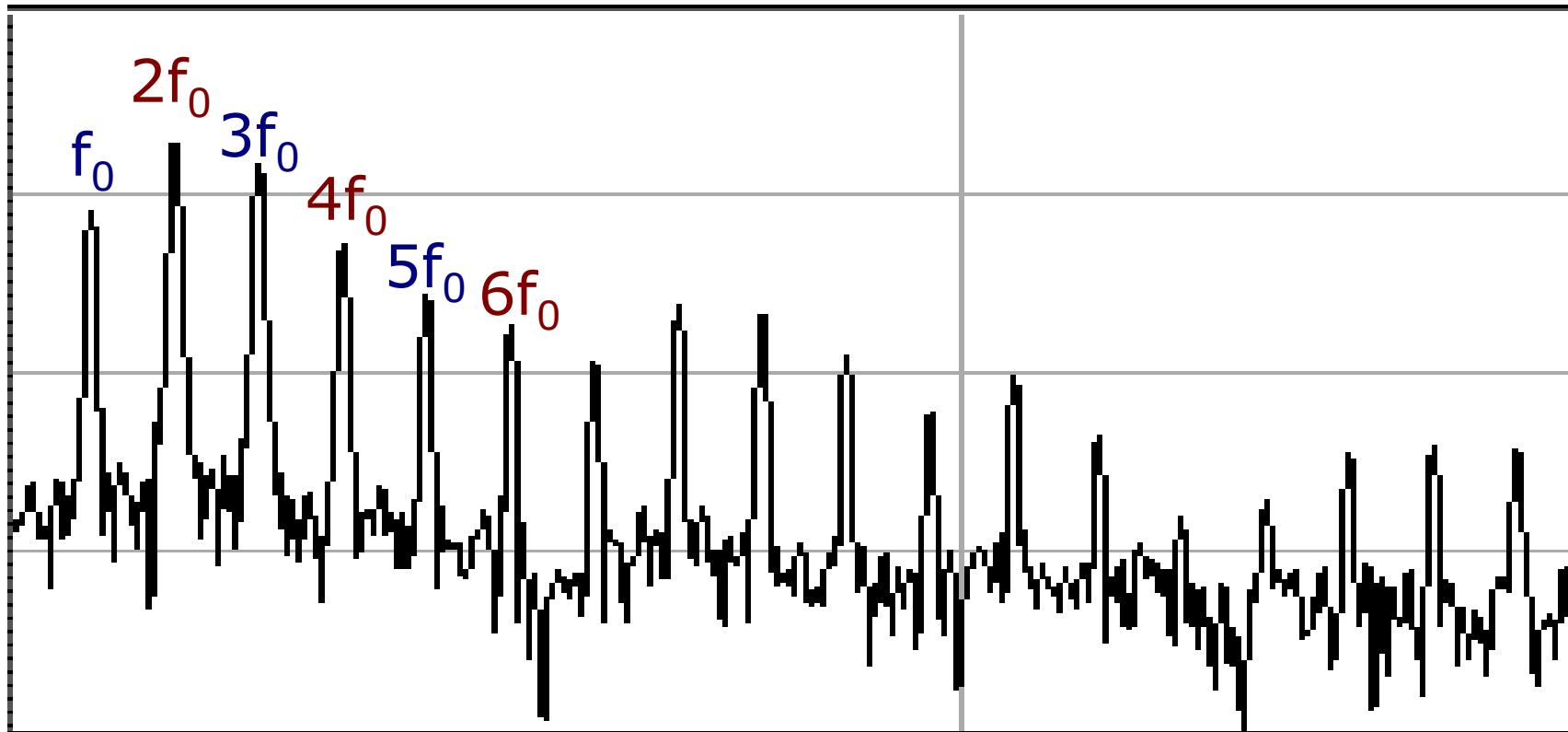
Parametry generatora VCO:

- kształt sygnału (rodzaj fali)
- częstotliwość
 - zgrubna (*coarse*)
 - dokładna (*fine*)
- współczynnik kształtu fali impulsowej
- poziom wyjściowy sygnału



Widma dźwięków muzycznych

Przykład dźwięku muzycznego o widmie harmonicznym prążkowym:



Sygnaty generowane przez VCO

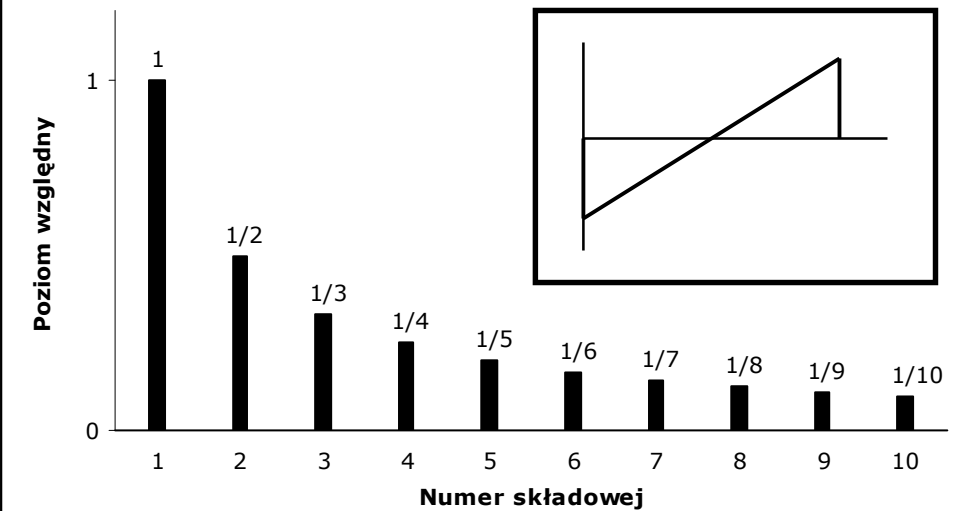
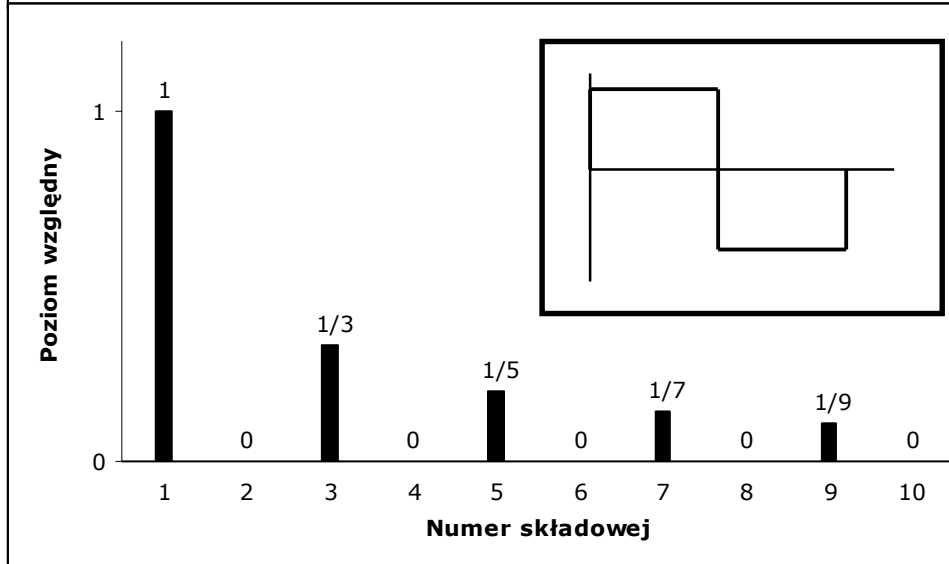
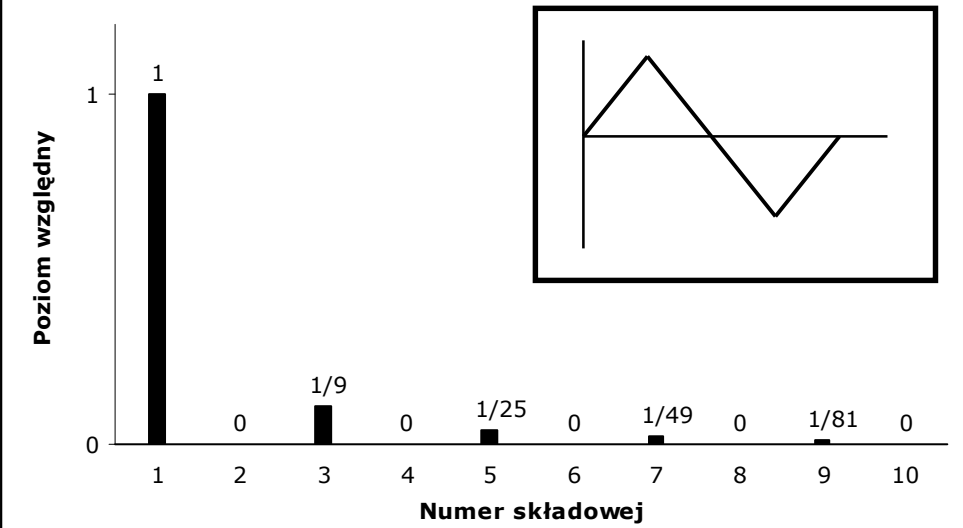
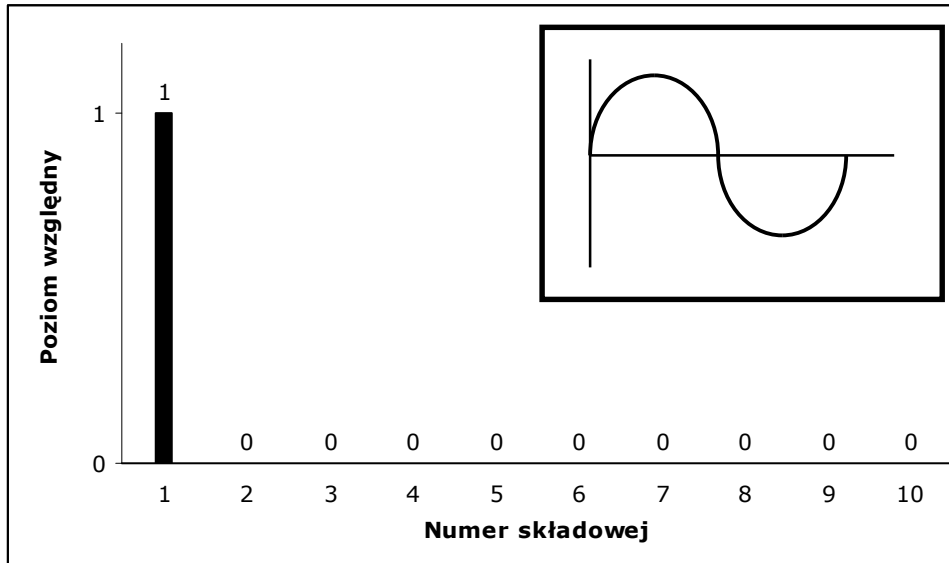
Sygnaty harmoniczne:

- fala sinusoidalna (*sine*)
- fala trójkątna (*triangle*)
- fala prostokątna (*square*)
- fala impulsowa (*pulse*, PCM) – zmienny współczynnik kształtu fali
- fala piłokształtna (*sawtooth*)

Sygnaty nieharmoniczne:

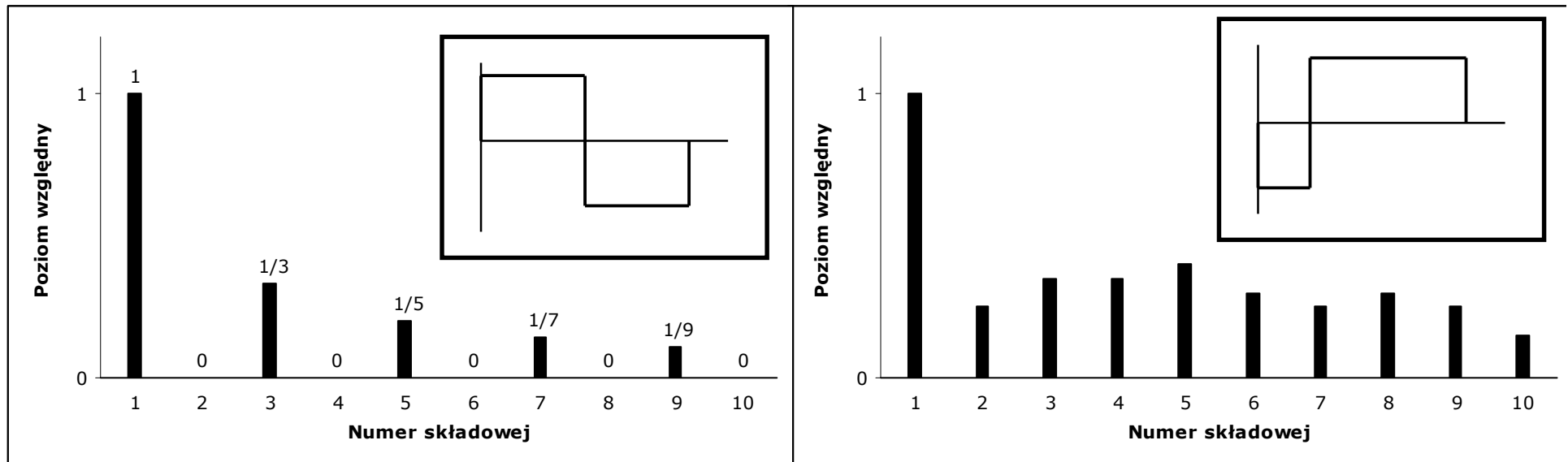
- szum (*noise*) – biały, różowy, filtrowany – wykorzystywany głównie do tworzenia brzmień perkusyjnych;
RVG – *Random Value Generator*

Sygnaty generowane przez VCO



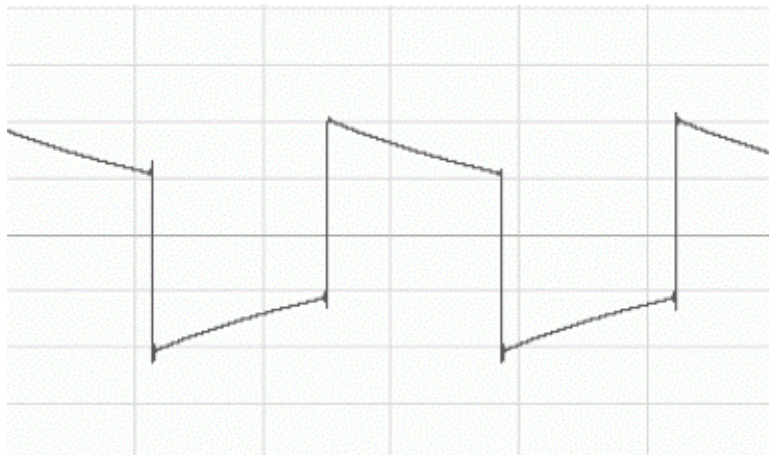
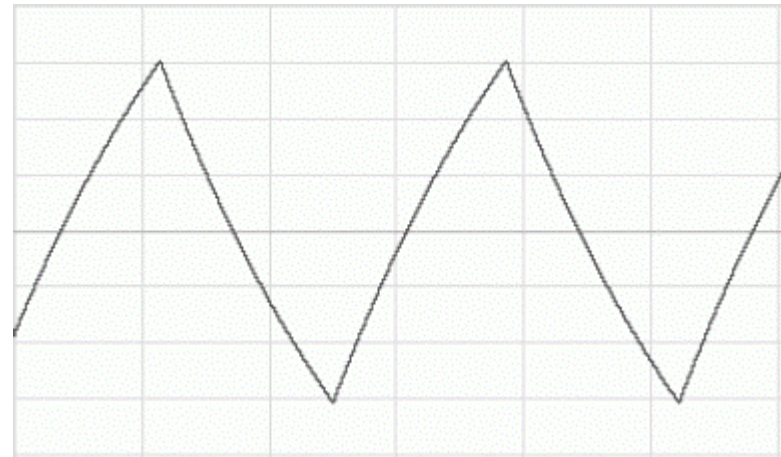
Sygnaty generowane przez VCO

Fala prostokątna o zmiennym współczynniku kształtu (*fill rate* lub *pulse width*)



Sygnaly generowane przez VCO

Rzeczywiste kształty fali w *Moog Modular*



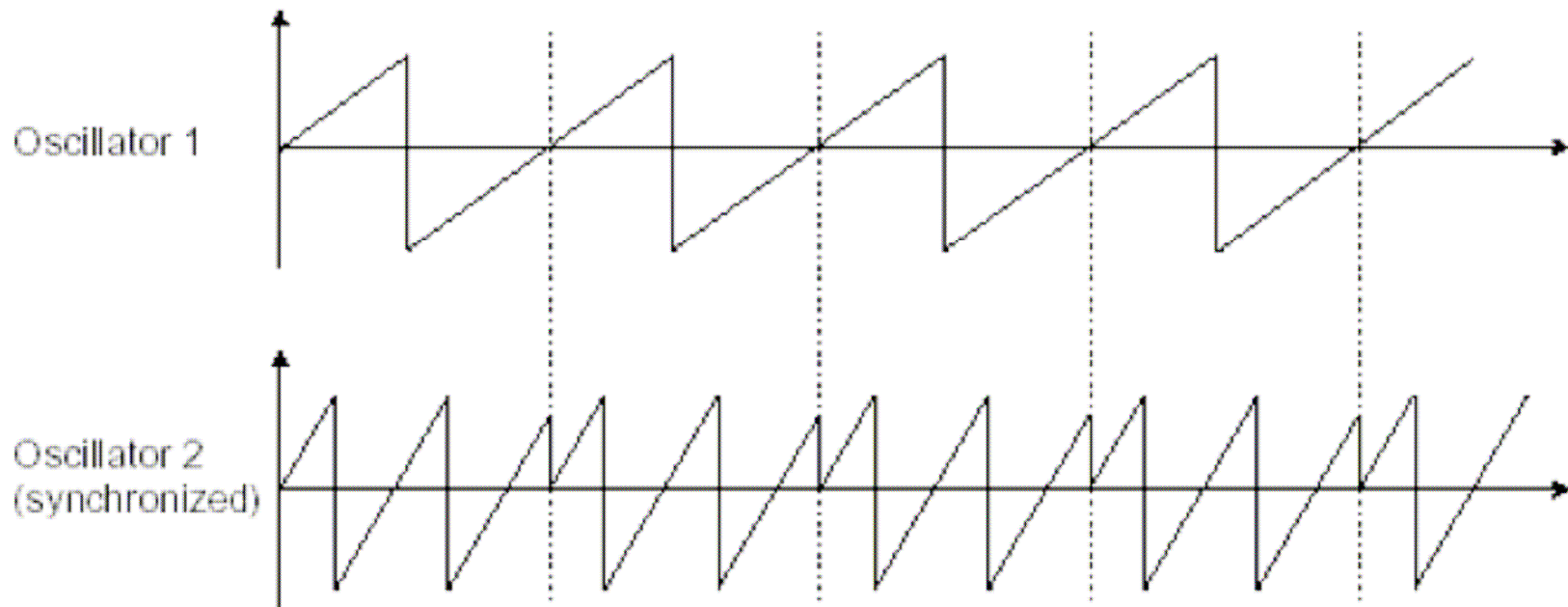
Zastosowanie kilku generatorów

Zastosowanie układu kilku generatorów VCO:

- niezależne generowanie różnych sygnałów przez każdy z generatorów
- łączenie sygnałów z poszczególnych generatorów i poddawanie ich filtracji
- efekt dudnienia – nieznaczne rozstrojenie częstotliwości generatorów
- sterowanie generatora przez inny generator:
 - modulacja częstotliwości (FM)
 - modulacja kołowa (RM, *Ring modulation*)
 - synchronizacja

Synchronizacja generatorów VCO

VCO1 synchronizuje VCO2:
każdy początek okresu fali w VCO1 powoduje wygenerowanie nowego okresu fali w VCO2.



VCF - filtr

Parametry filtru VCF:

- rodzaj charakterystyki
– LP, HP, BP, *notch*
- częstotliwość graniczna
- rezonans (Q) – wzmacnienie pasma

SVF – *State Variable Filter*

Układ realizujący różne charakterystyki filtru (do wyboru) – LP, BP, HP

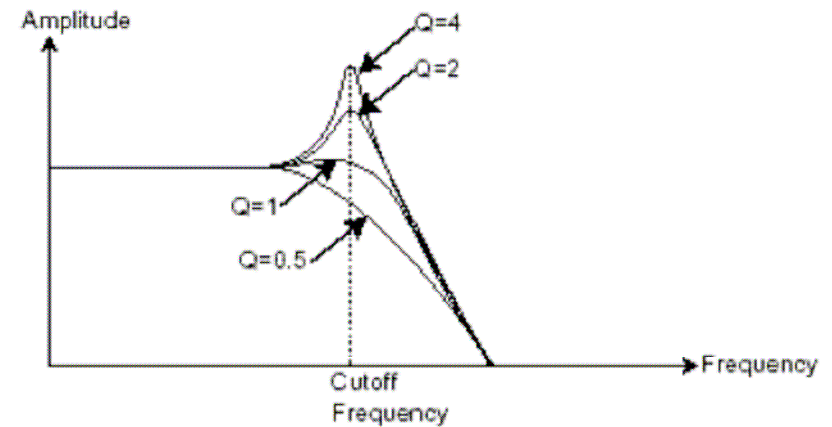
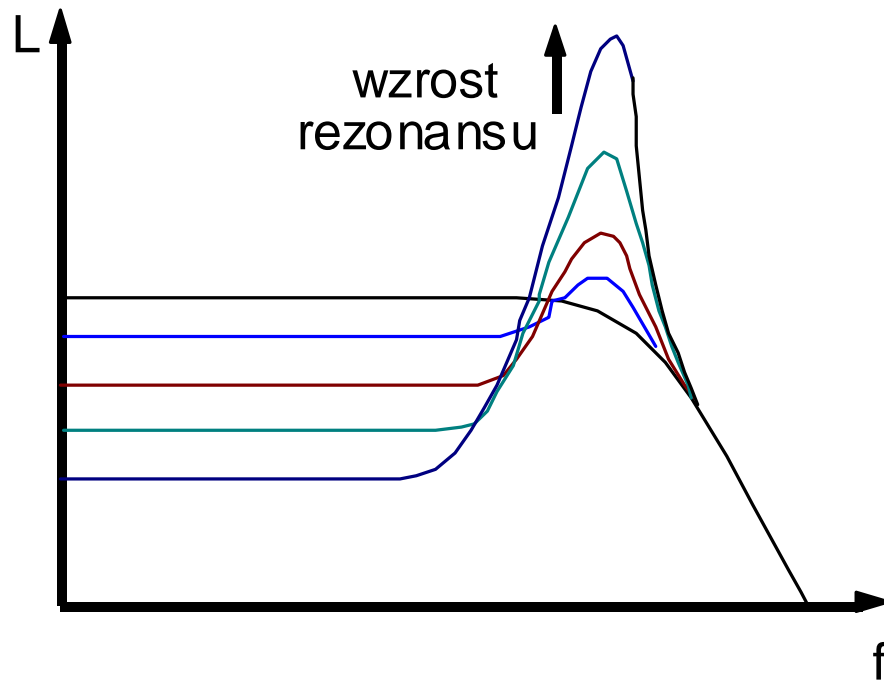


VCF - filtr

Przykładowe charakterystyki filtru VCF

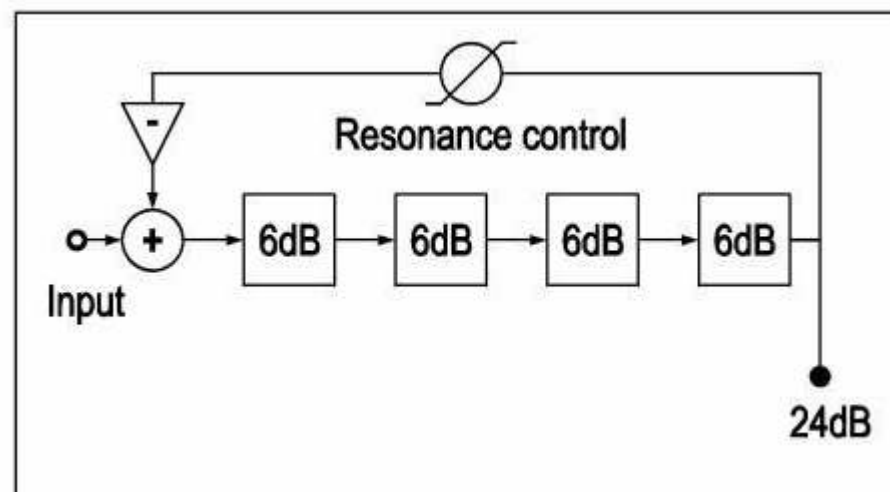
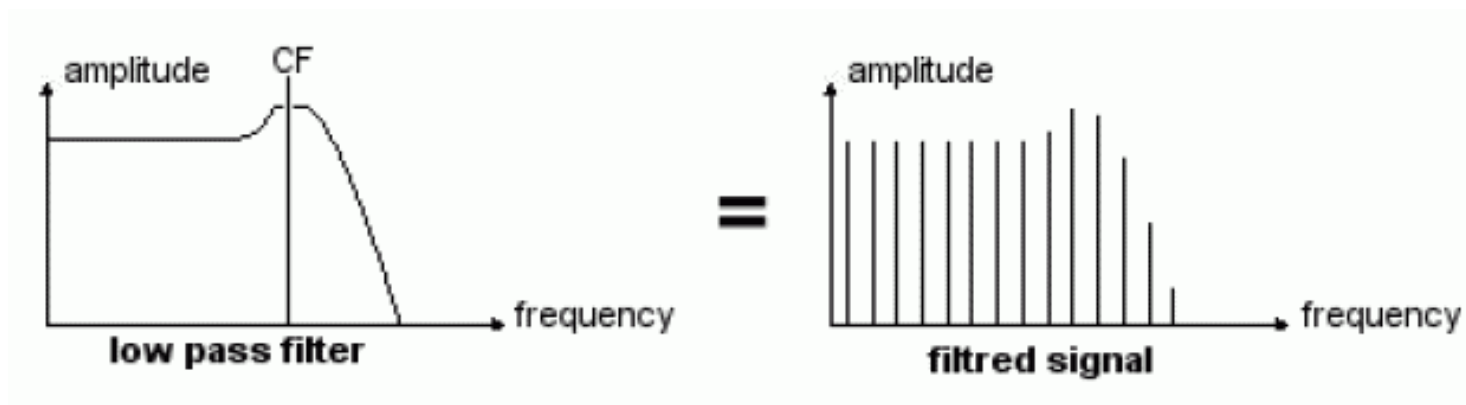
Rezonans (*resonance, emphasis, Q*)

– wzmacnienie „okolic” częstotliwości granicznej



VCF - filtr

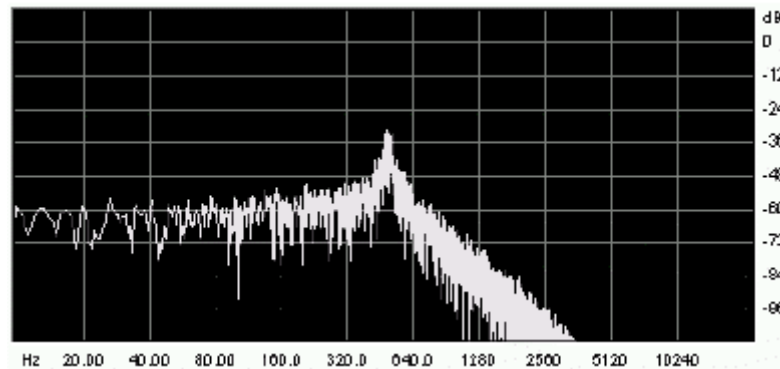
Filtr nie wycina jedynie składowych powyżej cz. odcięcia, ale modyfikuje praktycznie całe widmo.



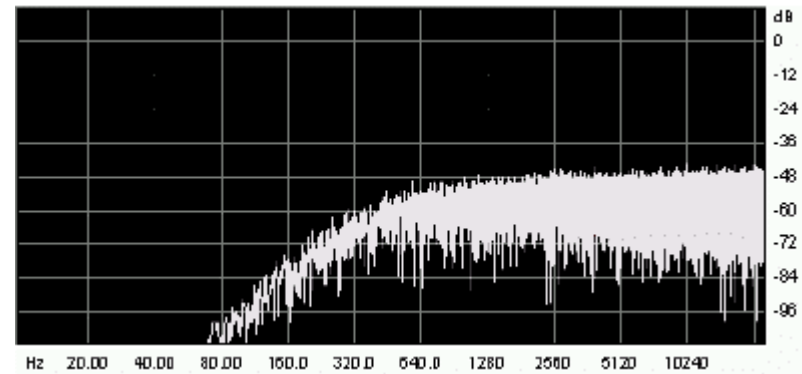
VCF - wynik działania

Widmo szumu białego po filtracji

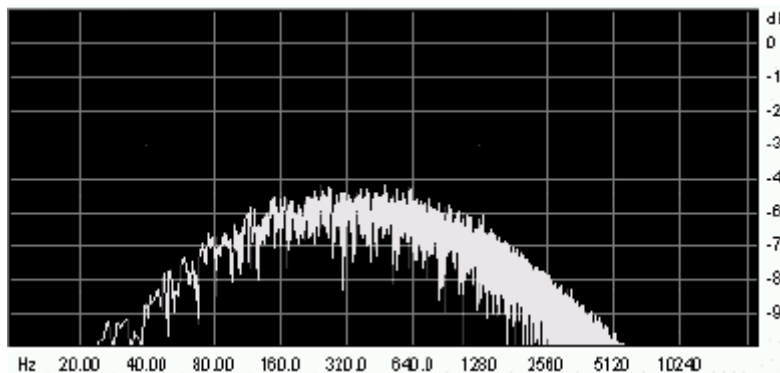
LP (dolnoprzepustowy)



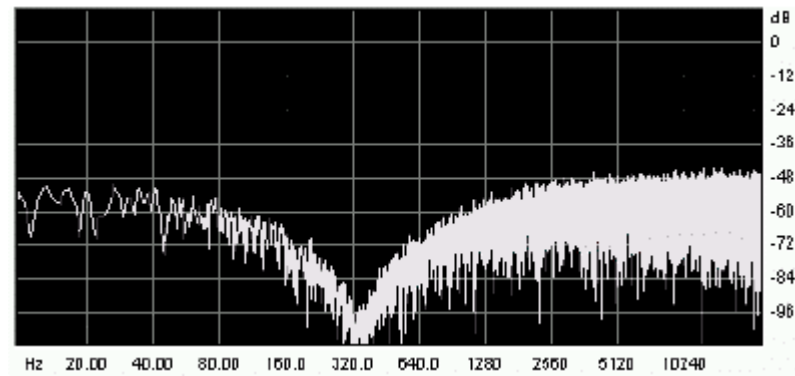
HP (górnoprzepustowy)



BP (pasmowo-przepustowy)



BR (pasmowo-zaporowy)



VCA - wzmacniacz

VCA jest zwykle ostatnim układem syntezy.

Parametry VCA:

- wzmacnienie – może być sterowane przez:
 - elementy sterujące (stałe wzmacnienie),
 - generator obwiedni – uzyskanie transjentów,
 - sygnał z wyjścia innego modułu
 - modulacja amplitudy

Wzmacniacz wyjściowy jest zwykle połączony z generatorem obwiedni EG w jednej obudowie.

EG - generator obwiedni

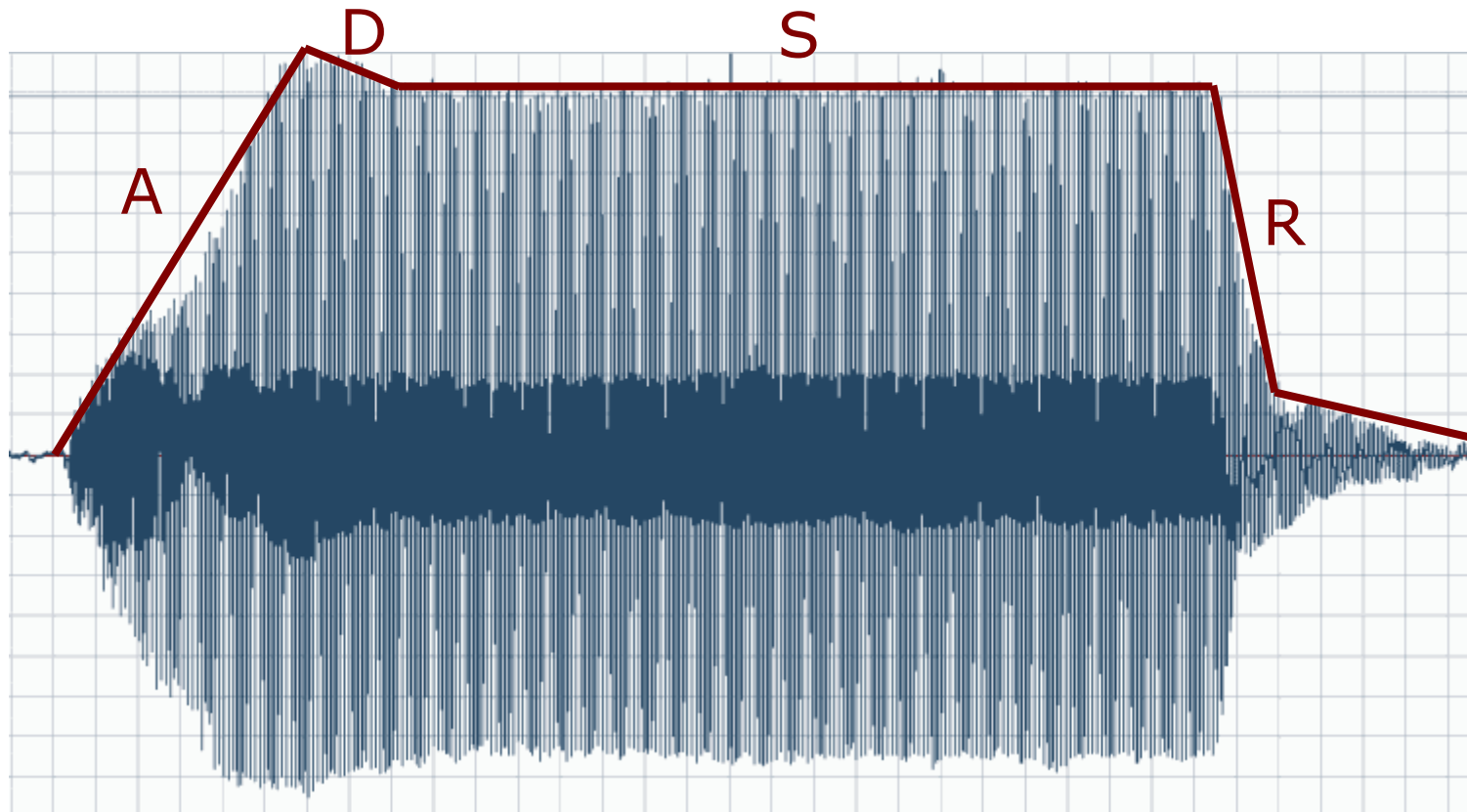
Generator obwiedni umożliwia zmianę parametrów w czasie (przebieg czasowy parametru):

- wzmacnienie VCA
(możliwość uzyskania transjentów)
- częstotliwość generatora VCO
– obwiednia generatora
- częstotliwość odcięcia filtru VCF
– obwiednia filtracji

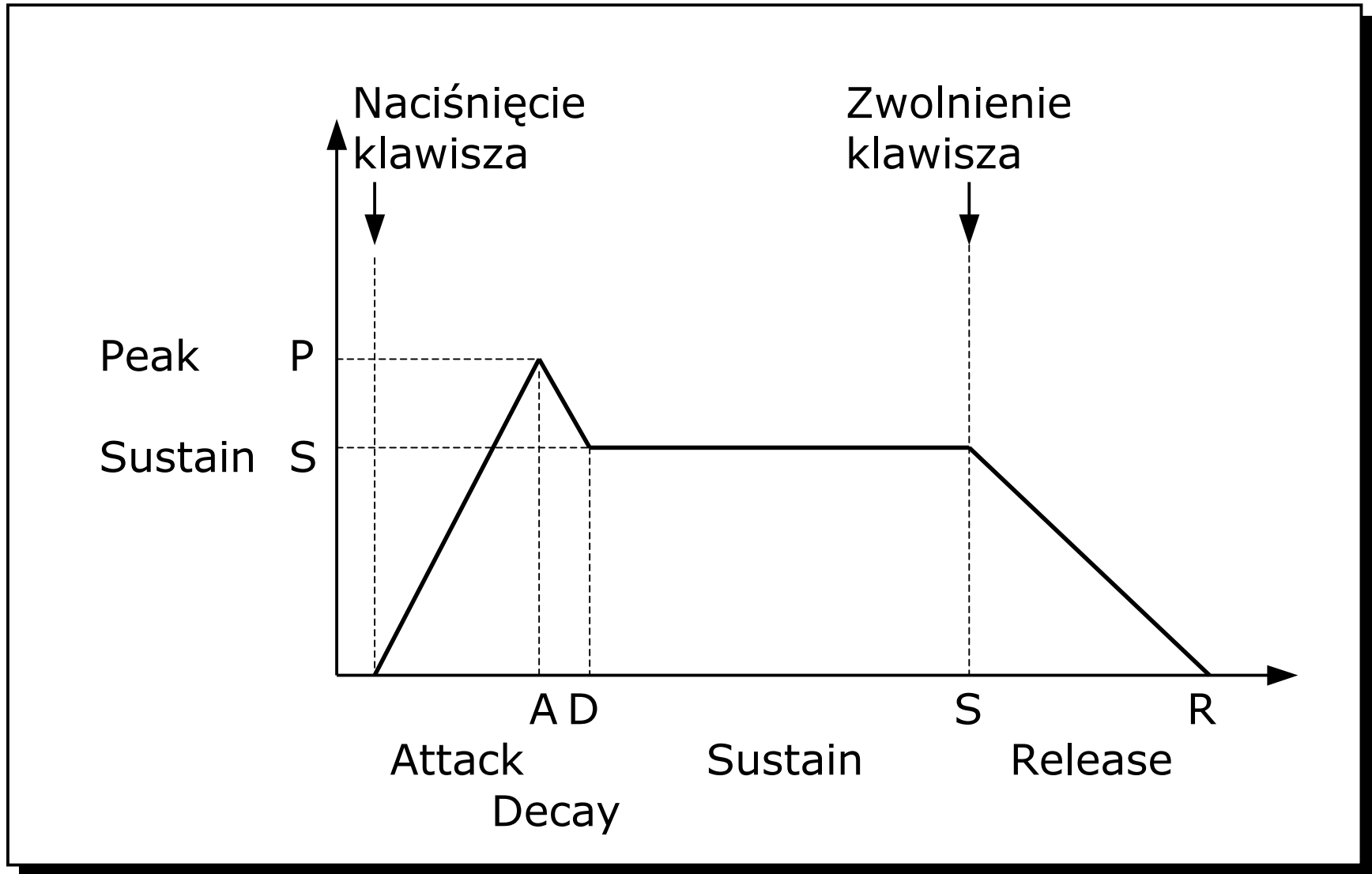
Sygnal z EG ma kształt kilku (zwykle 4) odcinków liniowych lub wykładniczych.

Stany transjentowe dźwięku

Obwiednia czasowa dźwięku muzycznego:



Obwiednia ADSR

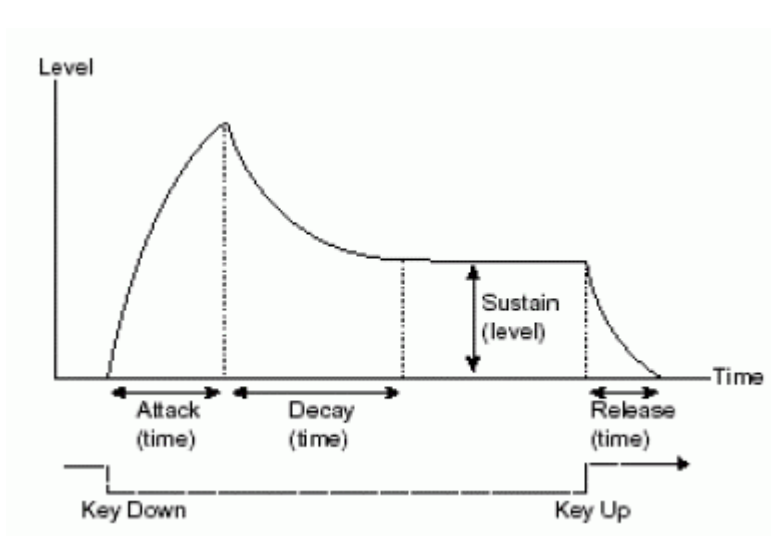


EG - generator obwiedni

Parametry generatora obwiedni:

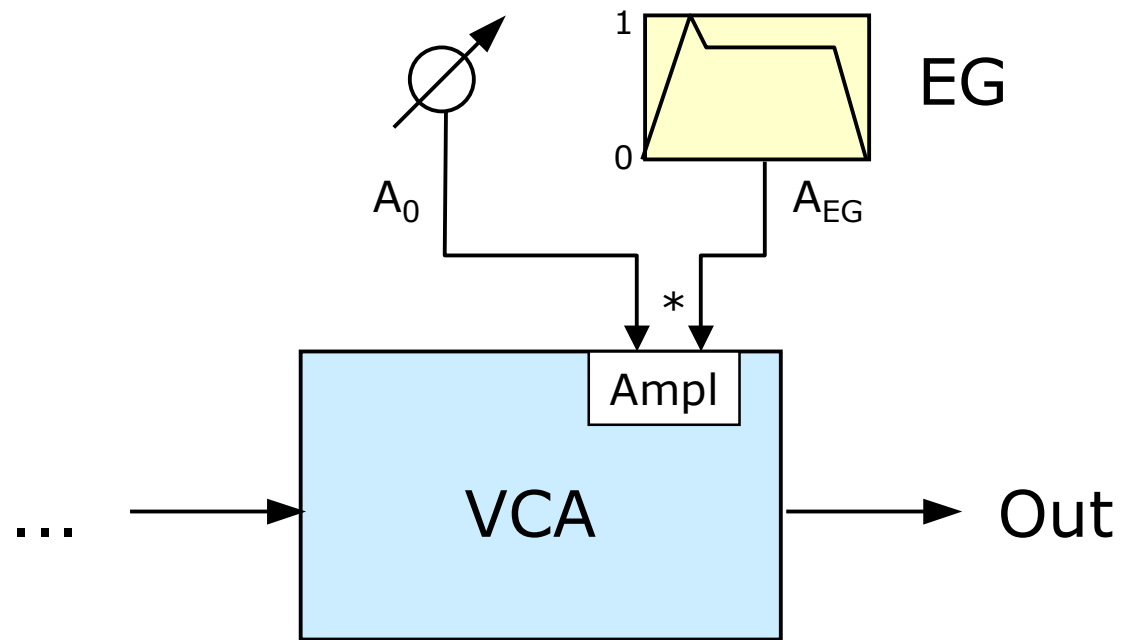
- czas trwania segmentów A, D, R
- poziom segmentu S

Obwiednia wyzwalana jest zwykle przez naciśnięcie klawisza na klawiaturze



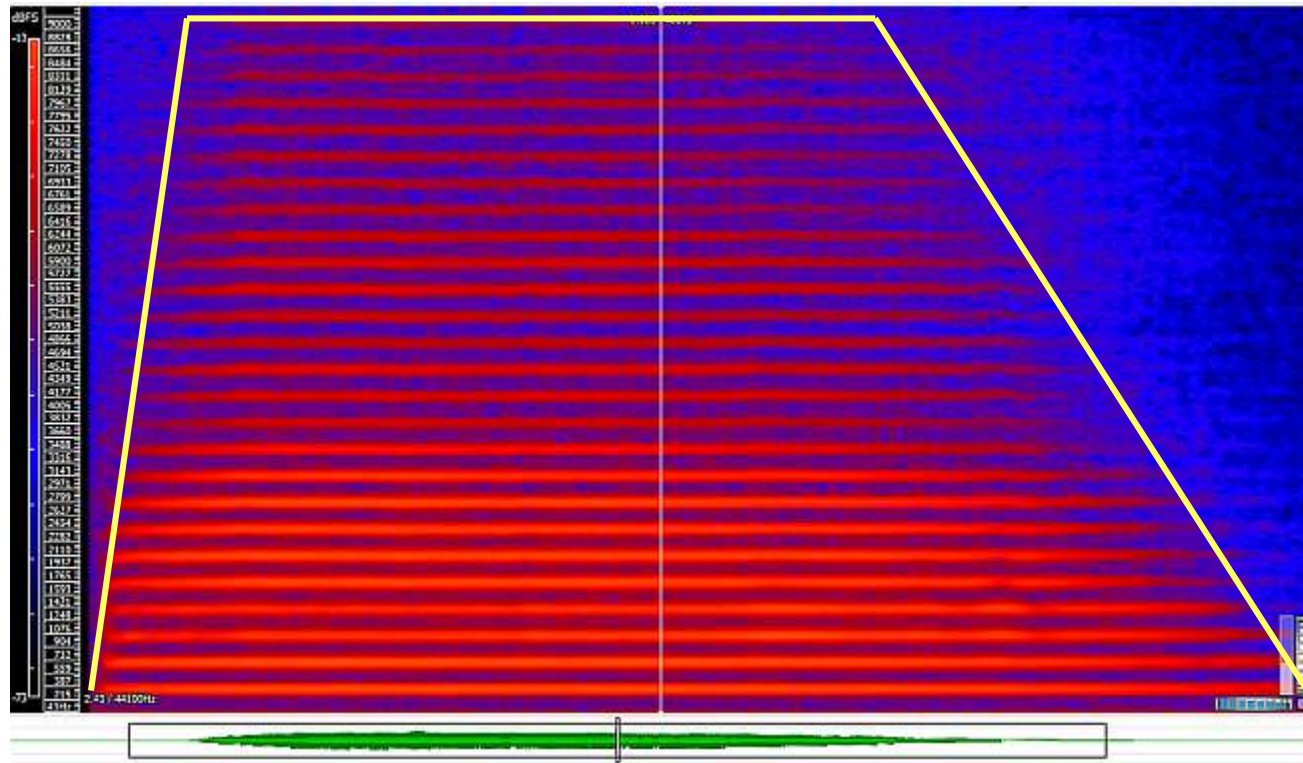
EG - obwiednia dźwięku

Typowe zastosowanie EG - obwiednia dźwięku wyjściowego



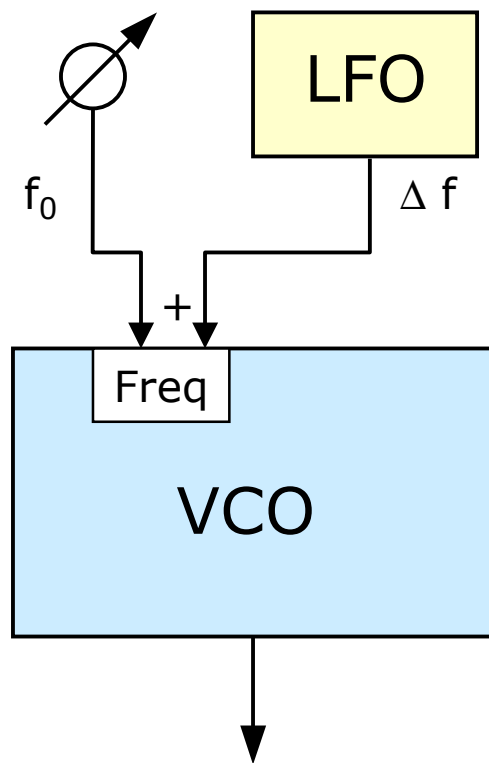
EG - obwiednia flitracji

Modulacja częstotliwości odcięcia filtra
- kształtowanie barwy w fazach transjentowych

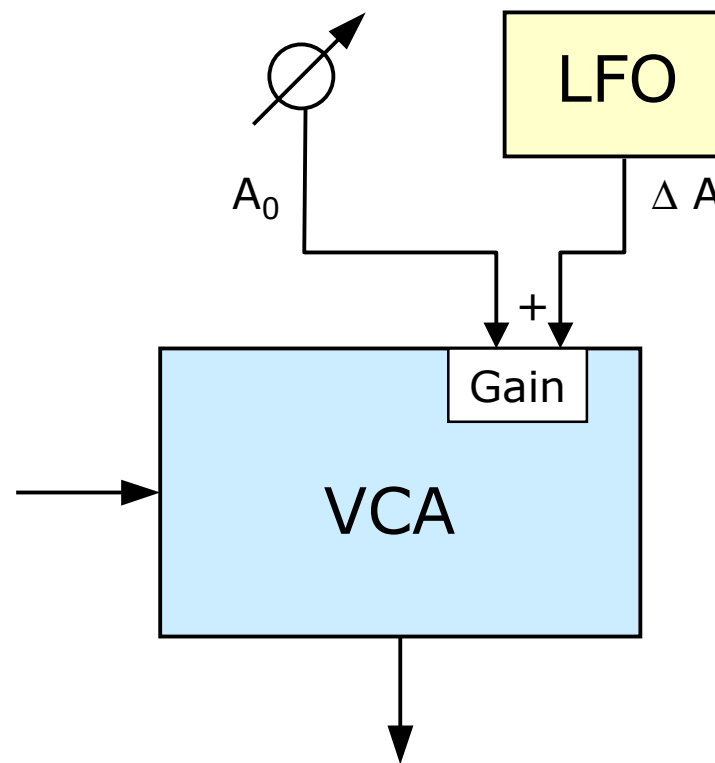


LFO - modulacja generatora i wzmacniacza

Wibrato

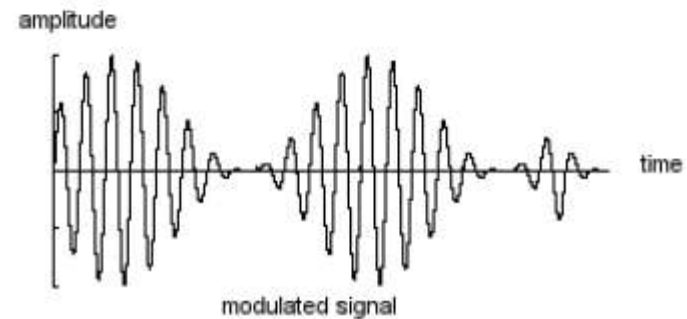
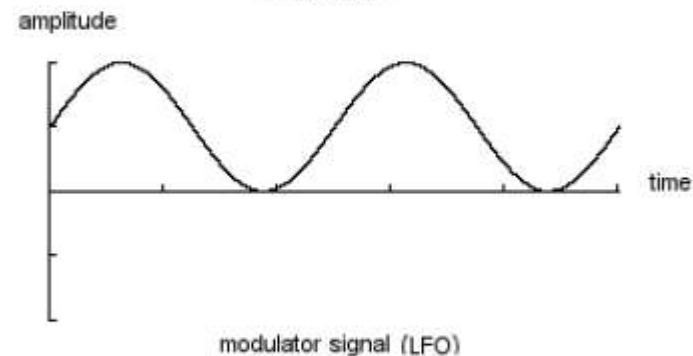
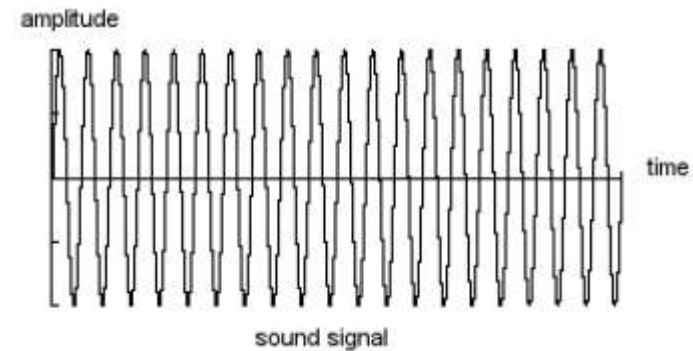


Tremolo



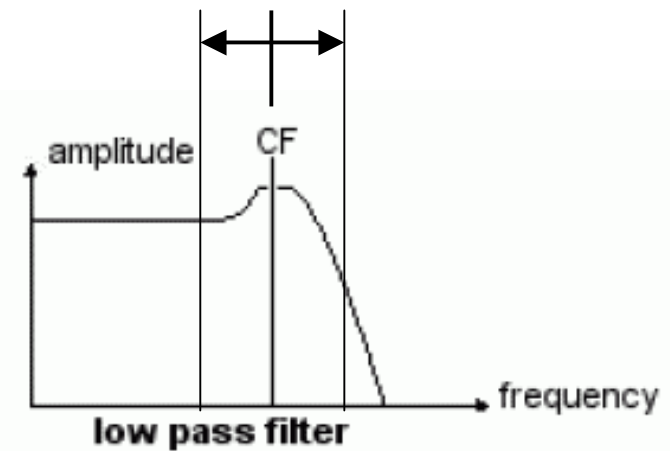
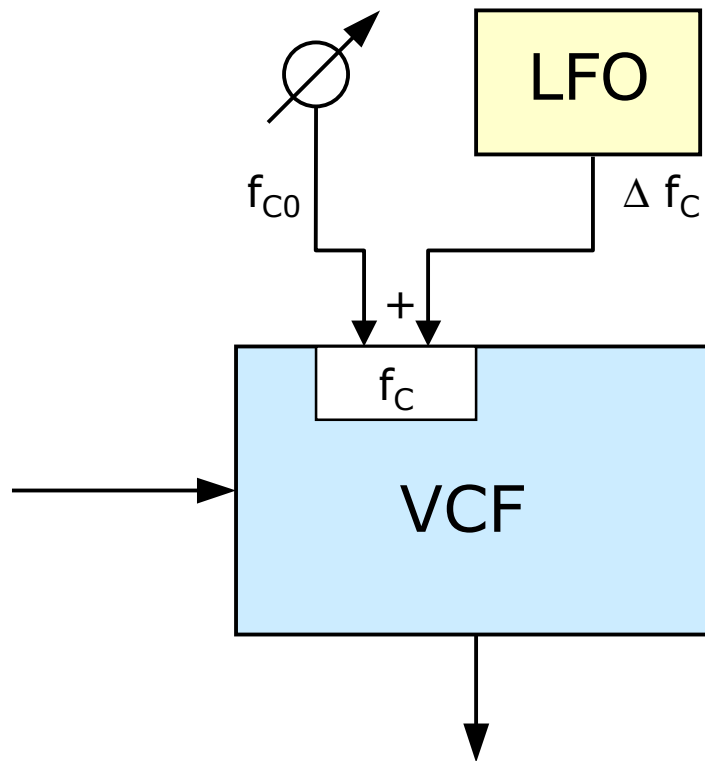
LFO - modulacja wzmacniacza

Przykład modulacji
wzmocnienia VCO
przez LFO
(tremolo)



LFO - modulacja filtru

Efekt „wah-wah”: płynna zmiana częstotliwości odcięcia filtru – cykliczna zmiana barwy dźwięku



Co można modulować?

VCO:

- częstotliwość sygnału
- współczynnik wypełnienia fali prostokątnej

VCF:

- częstotliwość graniczna
- wielkość rezonansu

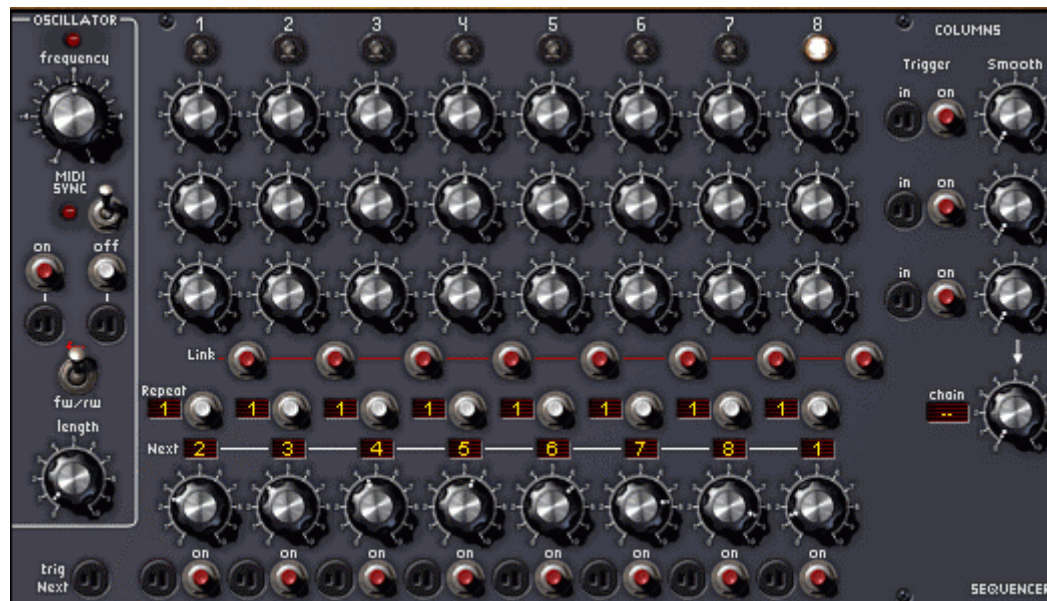
VCO:

- poziom wyjściowy
- panorama sygnału stereofonicznego

Sekwencer

Sekwencer krokowy (*step sequencer*):

- generuje sygnały sterujące syntezatorem,
- 3 x 8 „programowalnych” kroków,
- wyzwalanie z klawiatury lub wewnętrznym sygnałem prostokątnym.



Moduły dodatkowe

Inne moduły syntezy:

- miksery
- efekty brzmieniowe (*delay, chorus, phaser*)
- wyjściowy korektor graficzny (*fixed filter bank*)
- układy wyzwajające (*trigger*)
- układy opóźniania impulsów (*trigger delay*)
- układ próbkująco-pamiętający (*sample & hold*)
- układ śledzenia obwiedni (*envelope follower*)
- inne: modulator kołowy, filtr formantowy, przesuwnik częstotliwości

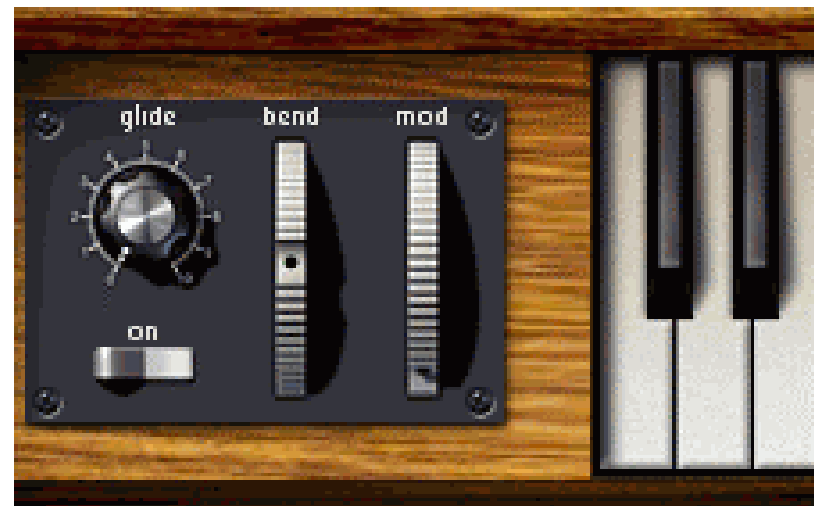
Zaawansowana modulacja

Przykład wykorzystania dodatkowych modułów:
losowa modulacja parametru syntezy.

- Generator szumu - wytwarza losowe wartości.
- Układ *Sample & Hold* - próbkuje te wartości co ustalony czas (np. falą prostokątną).
- Wyjście S&H steruje np. częstotliwością graniczną filtru VCF.
- Efekt: losowe zmiany barwy dźwięku.

Sterowanie układem subtraktywnym

- Klawiatura muzyczna – sterowanie częstotliwością VCO (typowo 1V/oktawę), wyzwalamie obwiedni
- Potencjometry, przełączniki, włączniki, kable połączeniowe – sterowanie parametrami modułów syntezy
- *Pitch bend* – płynna zmiana wysokości dźwięku (pokrętło)
- *Modulation (mod) wheel* – płynna zmiana parametru (pokrętło)
- Sterowniki nożne



Keyboard follow

Keyboard follow oznacza sterowanie (modulowanie) parametrów syntezy za pomocą naciskanych klawiszy.

- Sterowanie generatorami - wytwarzanie sygnałów o żądanej częstotliwości (wysokości), możliwość stosowania różnych strojów muzycznych.
- Sterowanie innymi modułami - zmiana efektu w zależności od wysokości dźwięku (np. częstotliwość filtru, wzmacnienie).

Rodzaje syntezy subtrakcyjnej

- monofoniczne – tylko jeden lub dwa dźwięki mogą być grane na raz (zasada niższego klawisza lub ostatniego klawisza)
- polifoniczne – kilka torów syntezy (głosów), możliwość grania wielu dźwięków naraz
- modułowe (*modular*) – przeznaczone do pracy studyjnej, moduły komutowane za pomocą kabli
- estradowe (*performance*) – przeznaczone do wykorzystania na scenie - uproszczona konstrukcja, łatwiejsza obsługa, pamięć

Instrumenty subtraktywne

- Syntezatory Roberta Mooga
 - m.in. Moog Modular, MiniMoog, PolyMoog
- ARP, Buchla, Oberheim, Sequential Circuits Prophet, Yamaha CS, Roland, Korg MS & PS
- Późniejsze modele realizowały metodę tablicową (*wavetable*) – zmodyfikowana m. subtraktywna, z cyfrowymi generatorami.
- Emulatory cyfrowe (sprzętowe) – m.in. instrumenty firmy Clavia (np. Nord Lead 2X) – „wirtualna synteza analogowa”

Instrumenty Roberta Mooga



Emulacja cyfrowa metody subtraktywnej

Metoda może być zaimplementowana cyfrowo:

- sprzętowo - cyfrowe instrumenty subtraktywne,
- programowo - instrumenty VSTi, często emulacja analogowych instrumentów
- programowo, w systemach modularnych
- użytkownik sam tworzy algorytm syntezy.

Emulacja cyfrowa metody subtraktywnej

Emulacja programowa: Synth1



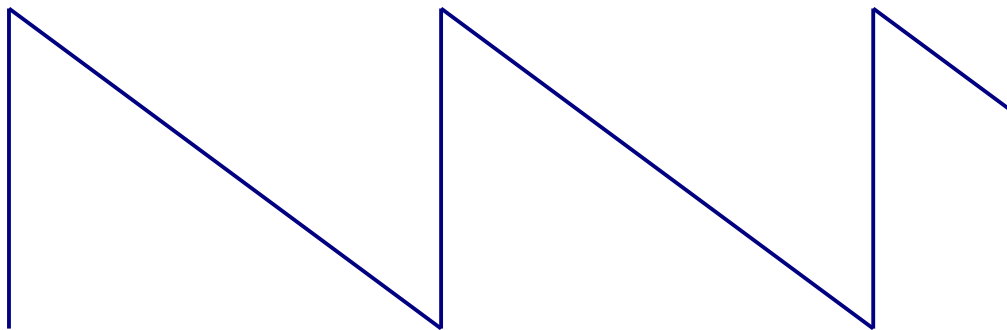
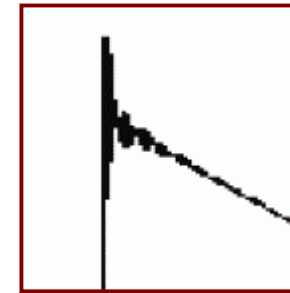
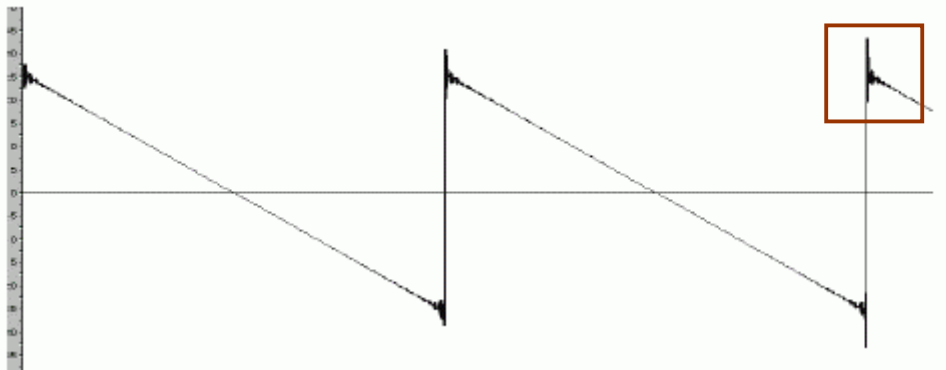
Problemy emulacji cyfrowej

Emulacja cyfrowa instr. subtraktywnych:

- emulacja „niedokładności” układów analogowych
 - rozstrajanie układów
 - niedokładności kształtu fali
- generatory - brak aliasingu
- odwzorowane charakterystyki filtrów analogowych VCF
- ogranicznik natężenia prądu (*soft clipping*)

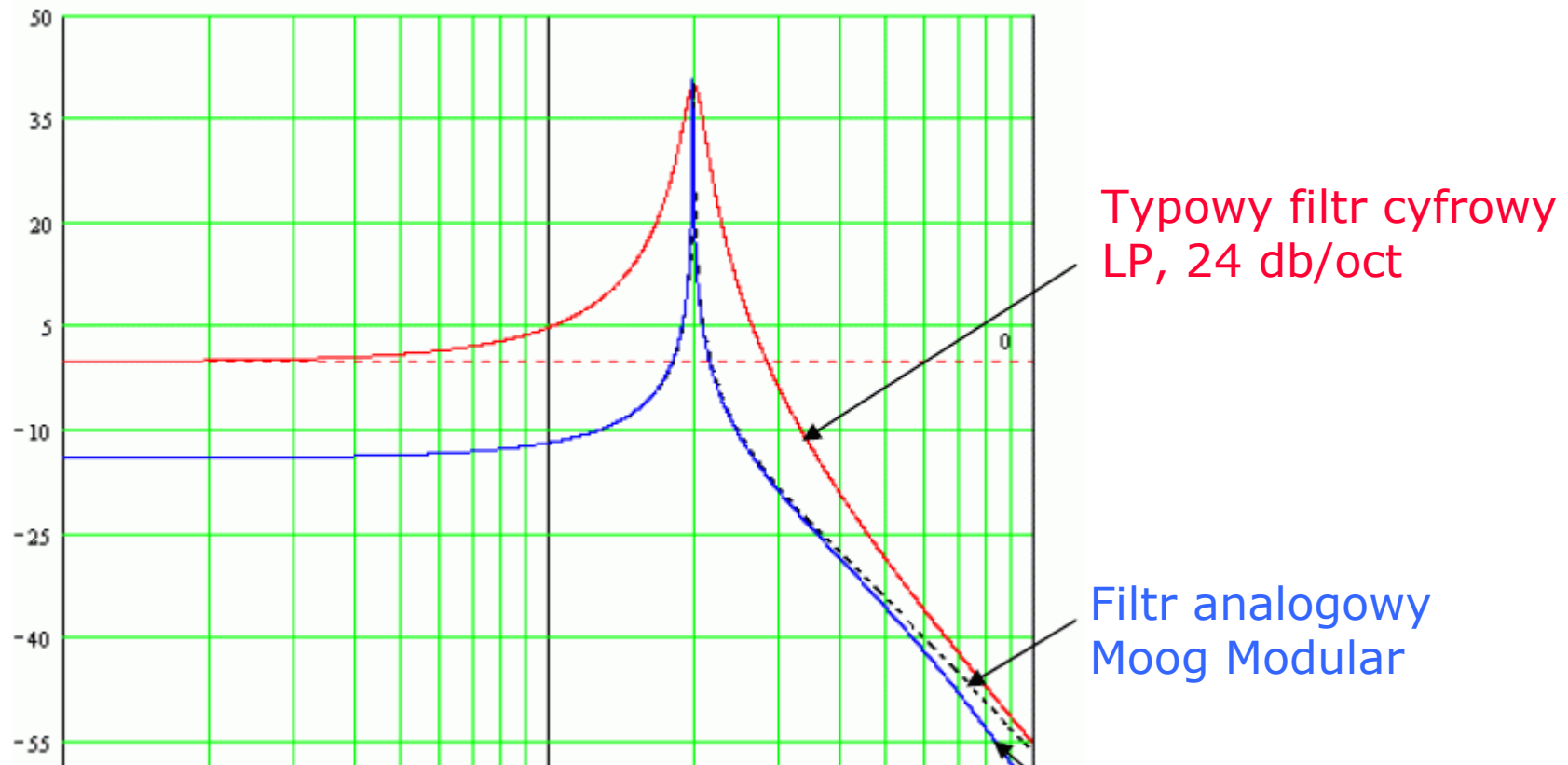
Problemy emulacji cyfrowej

Przykład: kształt fali trójkątnej w generatorze analogowym VCO instrumentu Moog



Problemy emulacji cyfrowej

Charakterystyki filtru rezonansowego VCF



Zalety i wady metody

Zalety:

- duża możliwość tworzenia nowych brzmień
– wykorzystania inwencji autora
- oryginalność brzmienia
- prosty algorytm, łatwa implementacja

Wady:

- trudność obsługi, dużo parametrów syntezy
- trudność uzyskania brzmienia zbliżonego do instrumentów naturalnych
- słaba stabilność układów analogowych
- wysoki koszt wykonania (inst. analogowe)

Literatura

- ftp://ftp.arturia.net/pub/modular/manual/MMV2_EN.pdf
instrukcja obsługi Arturia Moog Modular V, podstawy syntezy subtraktywnej
- www.xs4all.nl/~rhordijk/G2Pages/
G2 Workshop - programowanie syntezy G2, dużo teorii na temat syntezy dźwięku (j. angielski)
- moogarchives.com
Moog Archive - baza danych o analogowych syntezatorach Roberta Mooga
- www.youtube.com/user/DoKashiteru
filmy prezentujące podstawy „programowania” syntezy Moog Modular