

*Elektroniczne instrumenty muzyczne*

# SAMPLING

# Sampling

---

- **Sampling** jest to metoda wytwarzania dźwięków muzycznych w EIM poprzez odtwarzanie nagranych **próbek** (*samples*) danego brzmienia.
- Nagrane próbki są poddawane prostemu przetwarzaniu – transpozycja, zapętlenie, efekty brzmieniowe, filtracja, obwiednie.
- Za pomocą samplingu możemy zrobić instrument muzyczny z dowolnego istniejącego dźwięku.
- Nie jest to synteza dźwięku – dźwięk nie jest tworzony (budowany), lecz posługujemy się nagraniami rzeczywistych dźwięków.

# Sampler

---

**Sampler** – EIM umożliwiający:

- tworzenie instrumentów z próbek,
- odtwarzanie próbek – grę na instrumencie.

Typy samplerów:

- sprzętowe – z klawiaturą lub bez,
- programowe (wirtualne).

Do tworzenia instrumentów z próbek wykorzystujemy zwykle programy komputerowe.

# Próbki dźwiękowe

---

Próbka dźwiękowa („sampla”; ang. *sample*):

- dźwięk zapisany cyfrowo („zdigitizowany”)
- próbka (jeden przykład) możliwości danego źródła dźwięku (np. dźwięk instrumentu muzycznego o jednej wysokości, zagrany z daną artykulacją).

Należy odróżniać pojęcia „próbka dźwiękowa” i „próbka sygnału” (wartość sygnału cyfrowego).

# Próbki dźwiękowe

---

Instrumenty możemy stworzyć sami z nagranych próbek, lub wykorzystać gotowe banki instrumentów.

Przygotowanie nagranych próbek w edytorze dźwięku:

- przycięcie do potrzebnego fragmentu (usunięcie ciszy przed i po),
- normalizacja głośności (ważne!),
- nałożenie dodatkowych efektów (wedle inwencji autora),
- przydatne: ustalić wysokość muzyczną dźwięku.

Warto nagrać kilka próbek tego samego brzmienia i później wybrać najlepiej brzmiące próbki.

# Zapętlanie próbki

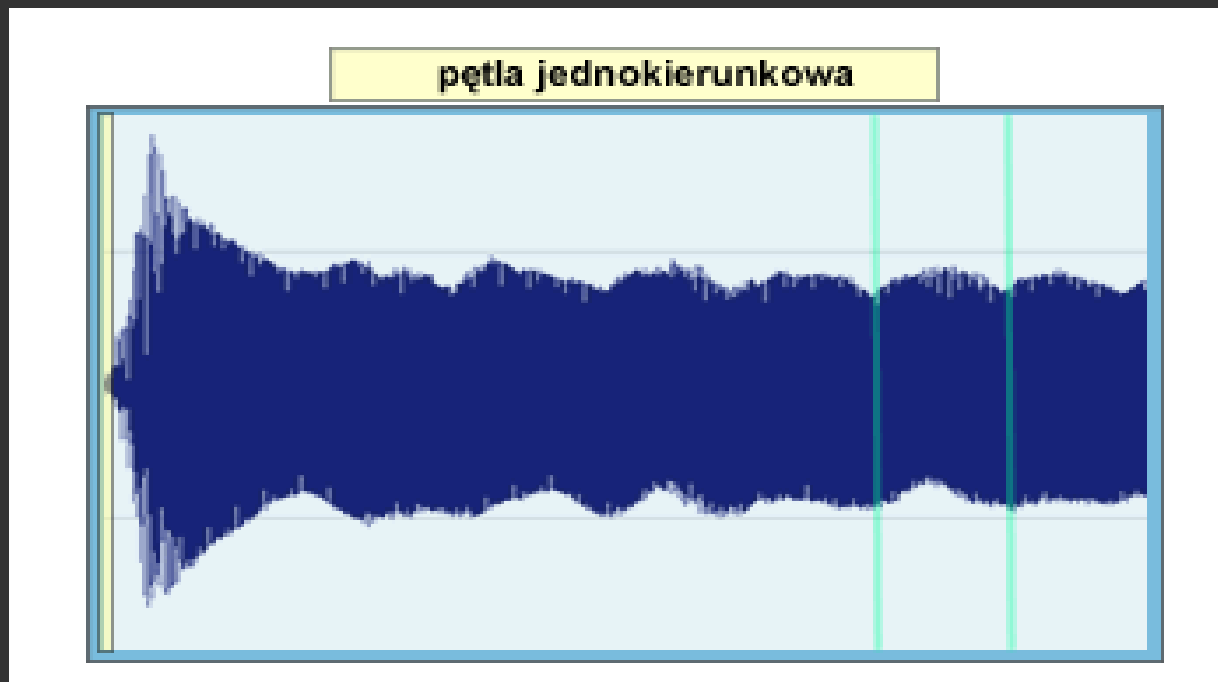
---

- Próbki możemy odtwarzać na dwa sposoby:
  - jeden raz, od początku do końca (np. dźwięki perkusyjne),
  - z zapętleniem (np. dźwięki instr. dętych).
- Problem: chcemy aby dźwięk grał dowolnie długo, dopóki trzymamy wciśnięty klawisz. Ale nagrana próbka ma ustaloną długość.
- Zapętlanie próbki dźwięku (*looping*) umożliwia powtarzanie wybranego fragmentu próbki.

# Zapętlanie próbki

---

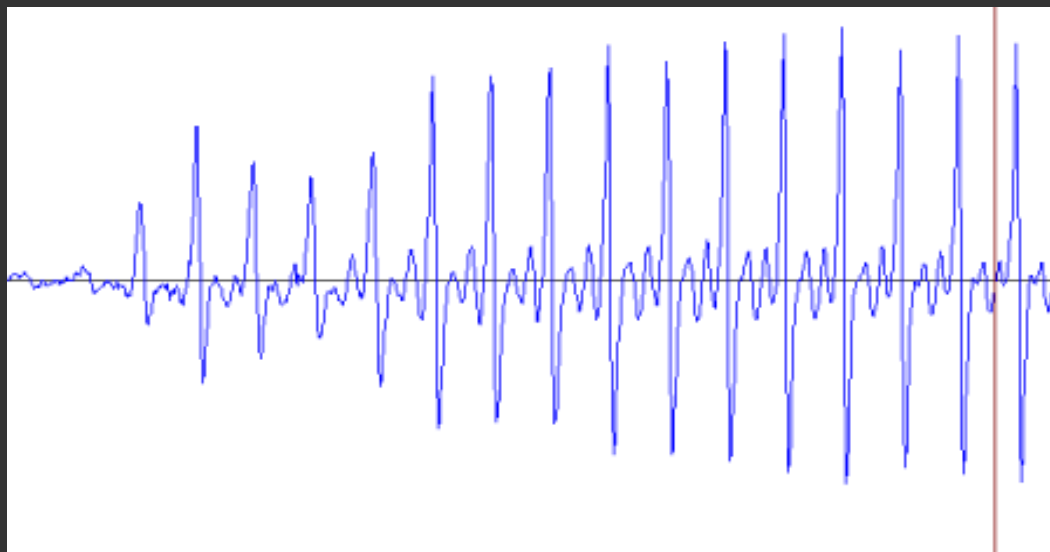
- W większości przypadków nie chcemy zapętlać całego dźwięku od początku do końca.
- Transjent początkowy zostawiamy w całości.
- Zapętlamy jeden „pseudookres” możliwie blisko początku fazy stanu ustalonego.



# Zapętlanie próbki

---

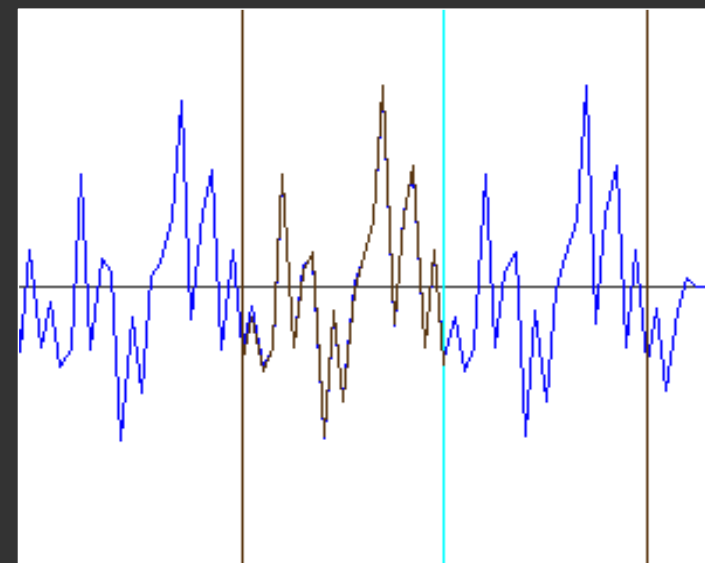
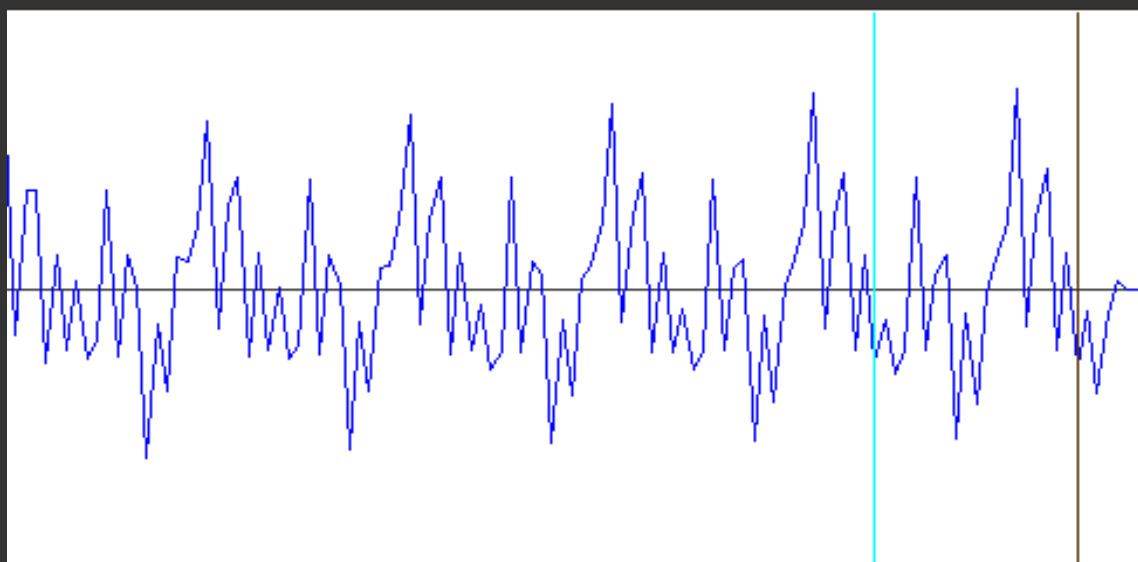
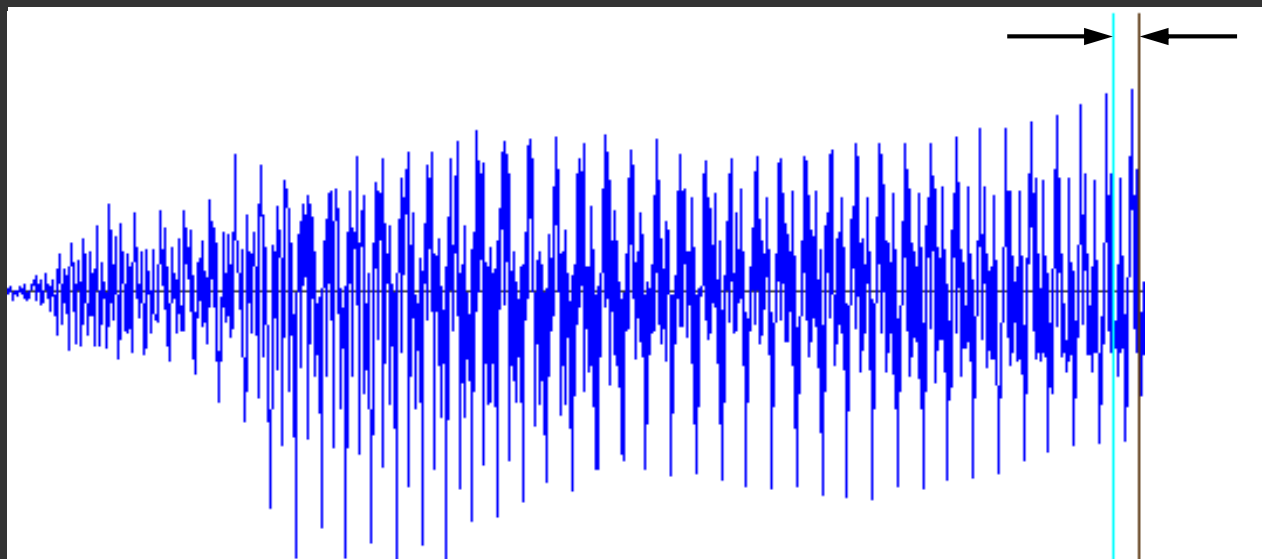
- Początek i koniec pętli ustawiamy zwykle w miejscu przejścia przez zero (brak skoków amplitudy).
- Staramy się, aby zapętłony fragment nakładał się na podobny fragment przed lub po pętli (programy do samplingu ułatwiają nam to za pomocą wykresów).
- Dalszą część dźwięku za pętlą możemy usunąć (oszczędność pamięci). W fazie zwolnienia dalej jest odgrywana pętla, a obwiednia „ścisza” dźwięk.





# Przykład zapętlenia

---



# Klawisz bazowy

---

- Próbkę posiada ustaloną wysokość dźwięku:
  - musimy ją znać, możemy zbadać ją np. programem SPEAR,
  - samplery mają często możliwość automatycznego pomiaru wysokości (częstotliwości podstawowej), ale uwaga: czasami się mylą, musimy zawsze to sprawdzić!
- Na podstawie znanej wysokości dźwięku, przypisujemy próbkę do odpowiedniego numeru klawisza
  - jest to **klawisz bazowy** (*root key*).

# Transpozycja próbek

---

- Ustalamy zakres wysokości dźwięku (zakres klawiatury), w którym ma być odgrywana próbka.
- Ale chcemy aby próbka zmieniała wysokość zgodnie z numerem klawisza!
- Sampler automatycznie dokonuje transpozycji próbki – zmienia jej wysokość w podanym zakresie.
- Transpozycja w samplerze jest dokonywana poprzez **przepróbkowanie** (*resampling*).
- Powoduje to **zniekształcenia czasowe**:
  - transpozycja w górę – dźwięk się skraca,
  - transpozycja w dół – dźwięk się wydłuża.

# Transpozycja próbek

---

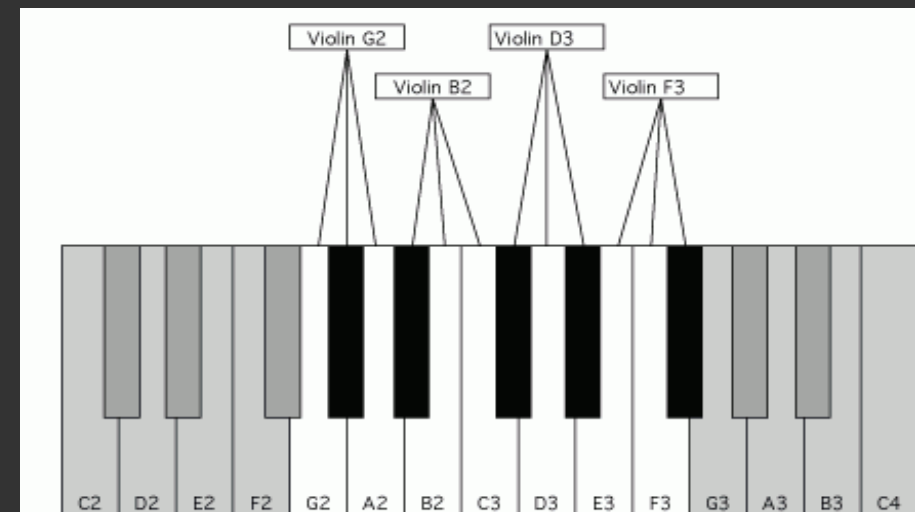
- Zakres wysokości, w którym próbkę da się transponować, nie jest zwykle szeroki, zwłaszcza gdy nie stosujemy zapętlenia.
- Jak pokryć cały zakres klawiatury?
- Rozwiązanie oczywiste – nagrać próbkę dla każdego klawisza osobno. Ale nie stosuje się tego w praktyce:
  - ciężko nagrać tak wiele próbek o zbliżonym brzmieniu,
  - strojenie instrumentu jest bardzo czasochłonne,
  - duża zajętość pamięci.

# Multisampling

Rozwiązanie stosowane w praktyce: *multisampling* („wielopróbkowanie”):

- nagrywa się kilka próbek danego brzmienia o różnych wysokościach,
- każdą z próbek przypisuje się do odpowiedniego klawisza bazowego i zakresu wysokości,
- przejścia między próbkami nie powinny być zauważalne, a więc brzmienie próbek musi być podobne.

Zbiór próbek jednego brzmienia i informacje o ich klawiszach bazowych i zakresach wysokości nazywa się „*splitem*” (*split*) lub *mapą*.



# Multisampling

---

Ile próbek musimy nagrać? To zależy od charakteru dźwięku, tzn. jak bardzo możemy go przepróbkować. Praktyczna rada:

- nagrać próbkę w środku skali,
- dokonać jej transpozycji, sprawdzić w jakim zakresie brzmienie jest akceptowalne,
- na zewnątrz tego zakresu nagrać kolejne próbki i powtórzyć proces.

Więcej próbek stosuje się zwykle w środkowym zakresie skali (częściej wykorzystywanym), mniej na krańcach skali.

Próbki powinny być nagrywane z taką samą artykulacją. Idealnie, powinny różnić się tylko wysokością.

# Multisampling

---

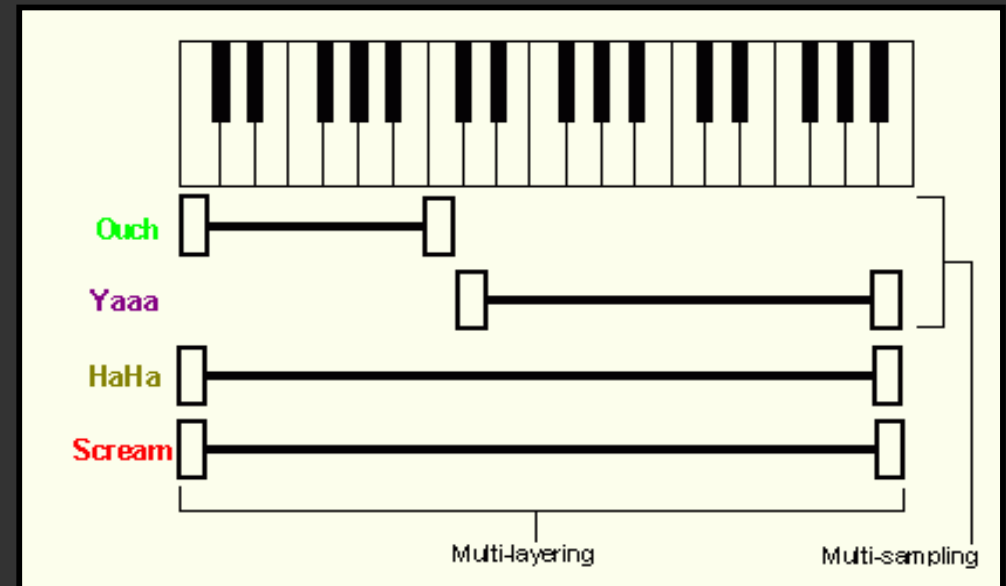
A co w przypadku gdy mamy tylko jedną próbkę i nie ma szansy na nagranie różnych wysokości?

- Pozostaje przetwarzanie w trybie *offline* na komputerze.
- Sztucznie produkujemy próbki o odpowiednich wysokościach.
- Staramy się dokonać transpozycji bez zmiany skali czasu.
- Przykładowe narzędzia:
  - PSOLA (algorytm do przetwarzania mowy),
  - resynteza addytywna (tutaj się przyda!).

# Uwarstwianie (*multilayering*)

---

- Uwarstwianie (*multilayering*) polega na podkładaniu dwóch lub więcej próbek pod ten sam klawisz lub zakresy klawiszy.
- Dzięki temu przy naciśnięciu klawisza odgrywane może być więcej niż jedno brzmienie.
- Multisampling i multilayering są często stosowane jednocześnie.





# Uwarstwianie (*multilayering*)

---

Praktyczny przykład uwarstwiania stosowany w samplerach.

- Nagrywamy próbki dźwięku struny gitarowej (różne wysokości), z różną artykulacją: szarpnięcie lekkie, normalne, mocne.
- Tworzymy osobny split dla każdej artykulacji.
- Uwarstwiamy te trzy splity na całej klawiaturze.
- Wybór splitu: w zależności od parametru *velocity* informującego o prędkości wciskania klawisza.
- Możliwe jest też mieszanie splitów w proporcjach zależnych od *velocity*.

# Instrument

---

Instrumentem w samplerze nazywamy zbiór próbek jednego brzmienia, o różnych wysokościach.

- **Próbka** (*sample*) jest przypisana do klawisza bazowego (*root key*).
- **Split** – zakres klawiszy odtwarzających daną próbkę (z transpozycją poza klawisz bazowy).
- Zbiór próbek pokrywający zakres klawiatury oraz splity tworzą **instrument**.
- Dodatkowo mogą występować **zestawy** (*presets*) – jeden lub więcej instrumentów grające na raz (np. uwarstwienie lub podział klawiatury).

# Bank

---

- Bankiem nazywamy zbiór presetów, instrumentów i próbek, które wczytywane są do pamięci samplera.
- Inaczej mówiąc, w danej chwili mamy do dyspozycji wszystkie instrumenty zapisane w aktualnie wczytanym banku.
- Jeżeli chcemy mieć instrument z innego banku, musimy wczytać ten bank do pamięci, usuwając bieżący.
- Np. w samplerze programowym, bankiem jest zawartość jednego pliku wczytywanego do programu.

# Standardy zapisu banków

---

- Sposób zapisu danych w banku (np. w pliku) zależy od samplera. Producenci używają często własnych formatów.
- Istnieją pewne standardy pozwalające na przenoszenie banków pomiędzy samplernami.
- Najczęściej stosowane standardy:
  - *SoundFont (SF2)*,
  - *DLS (Downloadable Sounds)*.

# Instrumenty melodyczne i perkusyjne

---

Dwa podstawowe typy instrumentów:

- **melodyczne** (*melodic*) – dla próbek dźwięków o ustalonej wysokości, różne klawisze odgrywają dźwięki o różnych wysokościach (najczęściej używane),
- **perkusyjne** (*percussive*) – dla próbek dźwięków perkusyjnych o nieokreślonej wysokości:
  - nie używamy transpozycji, więc niepotrzebny nam jest cały zakres klawiatury,
  - konwencja: do każdego z klawiszy przypisana jest próbka innego brzmienia.

# Przetwarzanie sygnału w samplerze

---

Dodatkowe możliwości modyfikacji dźwięku odgrywanego przez sampler:

- nakładanie obwiedni wzmocnienia, np. w celu ukształtowania fazy ataku, czy wybrzmiewania po pętli,
- filtracja – modyfikacja barwy, filtr może być modulowany przez generator obwiedni (np. zmiany w fazie ataku),
- LFO – modulacja wysokości próbki lub filtru,
- modulacja za pomocą *velocity* lub sterowników na klawiaturze,
- efekty typu pogłos, *delay*, *chorus*, *phasor*, itp.

# Problem braku artykulacji w samplerach

---

Problem z samplerami polega na tym, że instrument brzmi zawsze tak samo, tak jak brzmią nagrane próbki.

Metodą wprowadzenia pewnego zróżnicowania brzmienia jest wykorzystanie informacji *velocity* o prędkości naciskania klawisza do sterowania:

- obwiednią głośności (standard),
- częstotliwością graniczną filtra (np. mocniej naciskamy – więcej składowych) – podbicie transjentu,
- wyborem próbek nagranych z odpowiednią artykulacją (opisane wcześniej).

# Historia samplerów

---

Fairlight CMI (1979)  
(ok. 25 000\$)



E-mu Emulator II  
(1984)  
(ok. 10 000\$)





# Historia samplero

- 1986: *Akai S900* pierwszy sampler dostęny dla szerszego grona użytkowników; 12 bit, RAM 750 kB
- 1988: *Akai S1000* najpopularniejszy sampler w tamtych czasach, duże możliwości przetwarzania, 16 bit 44100 Hz stereo, RAM 32 MB, przetwarzanie 24 bit



# Samplery programowe

---

Samplery programowe (*software samplers*)

– programy komputerowe; prostsza obsługa, duże możliwości przetwarzania, możliwość tworzenia instrumentów przy pomocy myszki i klawiatury.

Wybrane współczesne samplery programowe:

- *GigaStudio* (Tascam)
- *Kontakt* (Native Instruments)
- *FL Studio (Fruity Loops)* (Image Line Soft.)
- *VSampler* (Speedsoft)

# Kontakt - sampler programowy

The screenshot displays the Kontakt software interface in Instrument Edit Mode. The top bar includes the Kontakt logo, a menu bar with options like Browser, Load/Save, and Options, and a status bar showing 41.65 kB of memory used. The left sidebar contains a list of effects: SURROUND PAN, SATURATION, LO-FI, STEREO MODELLE, DISTORTION, and PHASER. The main workspace is titled 'SURROUND SYNTH' and features a 'Source' section with a 'sampler' dropdown and a 'Tune' knob. Below this are 'Modulation' and 'Group Insert Fx' sections with various effect icons. The 'Amplifier' section includes 'Volume' and 'Pan' knobs. The 'Insert Effects' section shows a list of effects including IR, Phasor, Flanger, Chorus, Reverb, Delay, and Red FX. The 'Convolution' section at the bottom features a 'Pre Dry' knob, a 'Bypass' button, and a 'Preset' dropdown. A large waveform display shows the IR signal with a 'Sample PRTH' label and a 'CUT' marker. The status bar at the bottom indicates 'misc tot.: 7.39, misc used: 6.96 sample tot.: 1.00, sample used: 0.00 voice tot.: 1.00, voice used: 0.00' and a 'memory' dropdown.

# „Synteza samplingowa”

---

Istnieją też EIM, które odgrywają próbki zapisane w pamięci stałej ROM, bez możliwości wprowadzania własnych próbek. Stosuje się tu różne nazwy:

- synteza samplingowa (*sample-based synthesis*),
- synteza PCM (*PCM synthesis*),
- czasem (nieprawidłowo) nazywa się to metodą tablicową (*wavetable*)
- instrument taki czasem nazywa się **ROMpler**

Nie są to pełne samplery (brak możliwości tworzenia własnych banków) i (wbrew nazwie) to nie jest synteza dźwięku.

# Sampler a syntezaator samplingowy

---

## Syntezaator samplingowy (ROMpler):

- brzmienia zapisane przez producenta,
- nie ma możliwości dodawania ani edycji próbek (tylko pamięć stała ROM),
- bardzo prosta (banalna) obsługa („*plug and play*”).

## Sampler:

- rozbudowane możliwości wprowadzania i tworzenia banków instrumentów,
- klasyczne samplery nie miały pamięci ROM z fabrycznymi próbkami, trzeba było je samemu wprowadzić.

# Metoda tablicowa a sampling

---

## Synteza tablicowa (*wavetable*):

- w tablicy zapisane są okresy prostych sygnałów, są one zapętlane w całości,
- sygnały są przetwarzane (filtracja, modulacja),
- dźwięk jest generowany w czasie rzeczywistym, a nie po prostu odtwarzany.

## Sampling i synteza samplingowa:

- pełne próbki dźwiękowe zapisywane w pamięci,
- zapętlanie tylko wybranych fragmentów,
- trudniejsza transpozycja (zniekształcenia).

# Współczesne instrumenty klawiszowe

---

Obecnie dostępne na rynku sprzętowe EIM często łączą kilka funkcji:

- sampling – wprowadzanie banków brzmień,
- próbki instrumentów w pamięci ROM,
- synteza, najczęściej cyfrowa subtraktywna („*virtual analog synthesis*”),
- zaawansowane możliwości przetwarzania dźwięku (modulacja, łączenie brzmień).

Jeśli chcemy tworzyć własne banki instrumentów, korzystamy z samplerów programowych i wczytujemy stworzone banki do sprzętowego samplera.

# Współczesne instrumenty klawiszowe

---

## Clavia Nord Stage 2 (2011)

- *Piano section* – próbki brzmień różnych fortepianów i pianin
- *Organ section* – synteza organów, modelowanie fizyczne
- *Synth section* – synteza subtraktywna, FM (3-op) oraz sampling.





# Samplery - zalety

---

## Zalety:

- możliwość wiernego naśladowania istniejących brzmień, np. instrumentów muzycznych,
- możliwość tworzenia własnych instrumentów z próbek,
- duża ilość gotowych banków brzmień do wykorzystania,
- nowatorskie możliwości brzmieniowe (lata 80.),
- prosta budowa (DSP + RAM),
- prosta obsługa w przypadku programowych samplerów.

# Samplery - wady

---

## Wady:

- ograniczenie do już istniejących brzmień,
- małe możliwości kształtowania brzmienia nagranych próbek, np. brak artykulacji,
- wymagane pamięci o dużej pojemności,
- czasochłonny proces tworzenia instrumentów,
- zniekształcenia przy transpozycji,
- korzystanie z gotowych „szablonów” przez użytkowników,
- brak możliwości elastycznego kształtowania brzmienia i szukania „nowych dźwięków” tak jak w syntezie.

# Literatura

---

- Martin Russ: *Sound Synthesis and Sampling*. Focal Press, Oxford 1996.
- S. de Furia, J. Scacciaferro: *The Sampling Book*. Third Earth Publishing Inc., Pompton Lakes 1987.
- Wikipedia (wersja angielska)
- Creative Vienna – plik pomocy do programu
- Program *Viena*: [www.synthfont.com](http://www.synthfont.com)