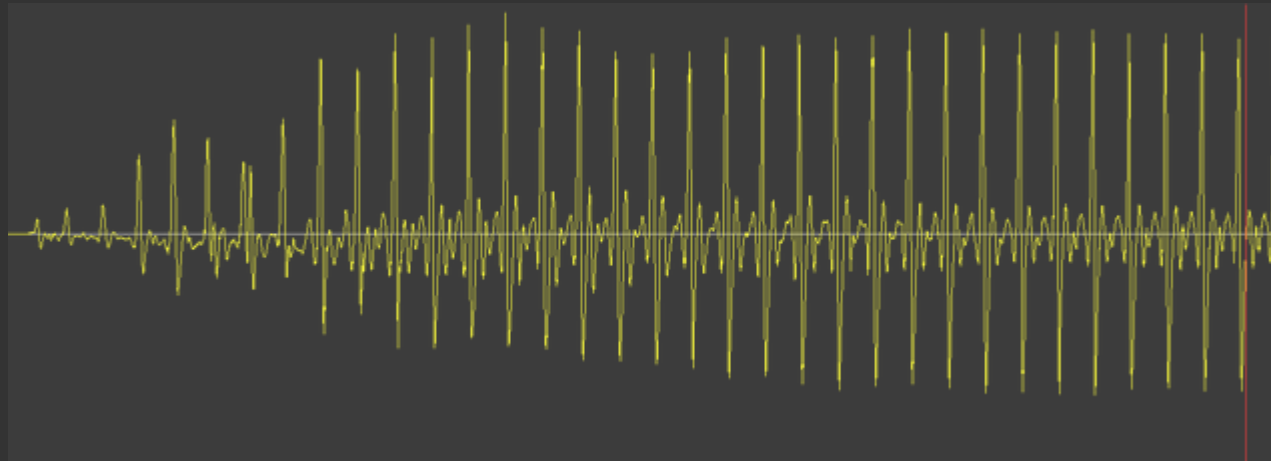


SAMPLING

Instrumenty oparte na nagranych dźwiękach



Instrument oparty na nagranych dźwiękach

- Idea tworzenia muzyki poprzez odtwarzanie nagranych wcześniej dźwięków jest znana od czasów analogowych.
- **Mellotron** (1963) – instrument, który po wciśnięciu klawisza odgrywał dźwięk z taśmy magnetofonowej, z żądaną wysokością.
- Kilka różnych brzmień nagranych na taśmie.
- Ograniczone możliwości przetwarzania, nie można było nagrywać własnych dźwięków.
- Np. The Beatles – *Strawberry Fields Forever*.



Cyfrowy sampler

Pod koniec lat 70. rozpoczęto prace nad cyfrową wersją takiego instrumentu.

Działanie cyfrowego **samplera** jest koncepcyjnie proste.

- Dowolny dźwięk może być **zarejestrowany** w samplerze w postaci cyfrowej (w pamięci i na trwałym nośniku) – właściwy **sampling**.
- Po wciśnięciu klawisza, dźwięk jest **odtworzany** z pamięci.
- Aby uzyskać żądaną wysokość dźwięku, należy wybrać właściwe nagranie, albo cyfrowo przetworzyć dźwięk w celu zmiany jego wysokości.
- Można **zapętlić** wybrany fragment dźwięku, aby był odtwarzany do zwolnienia klawisza (tego Mellotron nie potrafił).
- Instrument może pozwalać muzykowi na nagrywanie własnych dźwięków, albo może bazować na zbiorze gotowych dźwięków.

Próbki - sample

- Nagrany dźwięk w samplerze – **próbka dźwięku** (*sample*), potocznie: **sampla**.
- Źródło dźwięku (np. instrument muzyczny) jest w stanie wytwarzać wiele różnorodnych dźwięków.
- Nagrywamy jeden dźwięk z całej gamy możliwości – próbkujemy źródło dźwięku.
- Nie mylić z pojęciem „próbka sygnału” – jedna wartość cyfrowego sygnału.
- Sample mogą pochodzić z wielu źródeł:
 - nagranie dźwięku przez mikrofon,
 - wycięcie fragmentu nagrania (samplerowanie nagrań),
 - preparowanie próbek w edytorze dźwięku,
 - wygenerowanie dźwięku od podstaw przez program komputerowy; itp.

Nagrywanie sampli

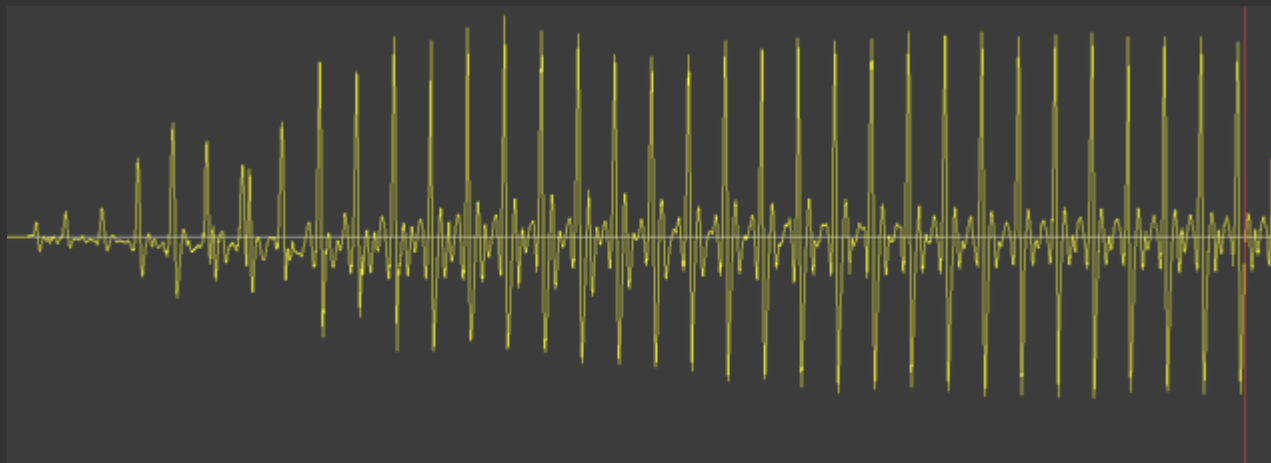
- Nagranie próbek za pomocą rejestratora – warto nagrać kilka podejść i później wybrać najlepsze.
- Jeżeli to możliwe – nagranie wielu dźwięków o różnej wysokości.
- Przygotowanie nagranych próbek w edytorze dźwięku:
 - przycięcie do potrzebnego fragmentu (usunięcie ciszy przed i po),
 - normalizacja głośności.
- Nałożenie dodatkowych efektów, miksowanie próbek, itp. (wedle inwencji autora),
- Przydatne: ustalenie wysokości muzycznej dźwięku.
- Wgranie próbek do samplera i utworzenie z nich instrumentu.

Zapętlanie próbek

- Próbki mogą być odtwarzane na dwa sposoby:
 - jeden raz, od początku do końca (np. dźwięki perkusyjne),
 - z zapętleniem (np. dźwięki instrumentów dętych).
- Chcemy, aby dźwięk grał aż do zwolnienia klawisza. Ale nagrana próbka ma ustaloną długość.
- Zapętlanie próbki dźwięku (*looping*) umożliwia powtarzanie wybranego fragmentu próbki.
- W przeciwieństwie do syntezy tablicowej, w samplingu zwykle nie zapętla się całego dźwięku od początku do końca, a tylko wybrany fragment.

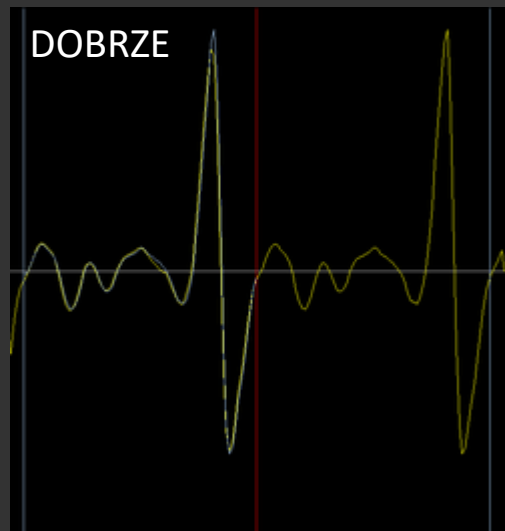
Zapętlanie próbek

- W przypadku zapętlenia dźwięków instrumentów muzycznych:
 - faza ataku (transjent) jest odgrywana jeden raz,
 - znajdujemy i zapętlamy jeden okres (lub kilka) w fazie podtrzymania,
 - dalszą część próbki zwykle można usunąć.
- Na poniższym rysunku: próbka dźwięku trąbki, czerwona i niebieska linia oznaczają początek i koniec pętli.



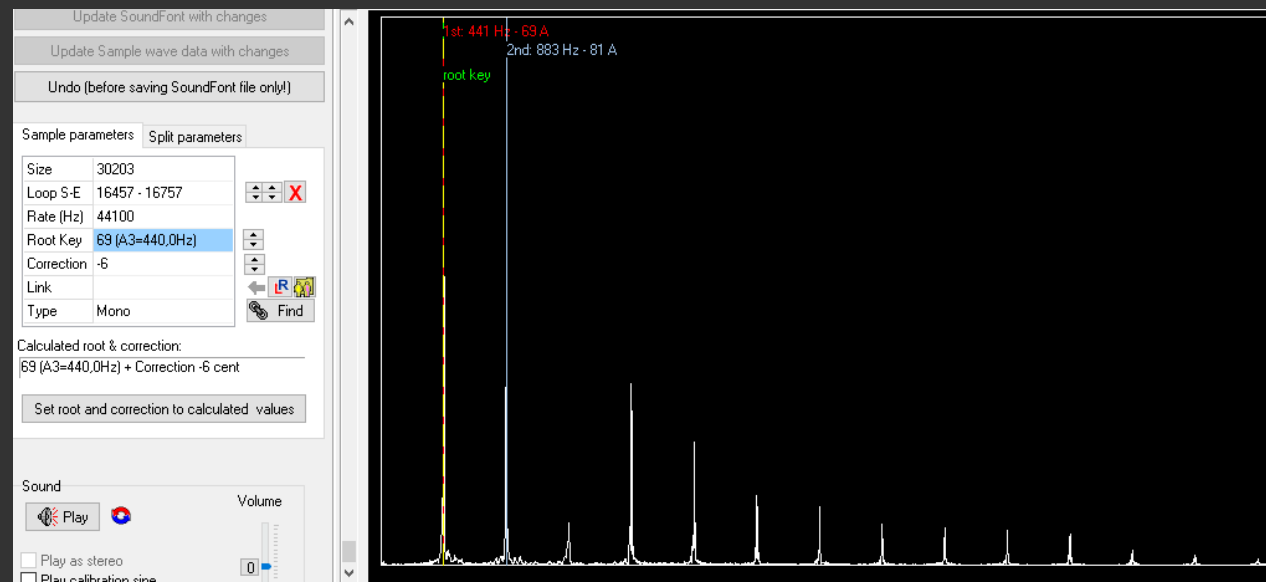
Zapętlanie próbek

- Dobierając początek i koniec pętli, musimy zapewnić brak skoków amplitudy (powodujących trzaski) i ciągłość fazy przy zapętleniu.
- Początek i koniec pętli często ustawiamy w miejscu przejścia przez zero.
- Staramy się, aby zapętlonny fragment nakładał się na podobny fragment przed lub po pętli (programy do samplingu ułatwiają nam to za pomocą wykresów).
- W każdym przypadku musimy ocenić słuchowo efekt zapętlenia.



Klawisz bazowy

- Jeżeli próbka ma tworzyć instrument melodyczny, musimy przypisać ją do ustalonej wysokości dźwięku – **klawisz bazowego** (*root key*).
- Musimy ją ustalić poprzez analizę w programie, np. SPEAR.
- Samplery mają często możliwość automatycznego pomiaru częstotliwości podstawowej, ale czasami się mylą, musimy zawsze to sprawdzić!
- Częstotliwość podstawową można dostroić w samplerze, z dokładnością do centa.

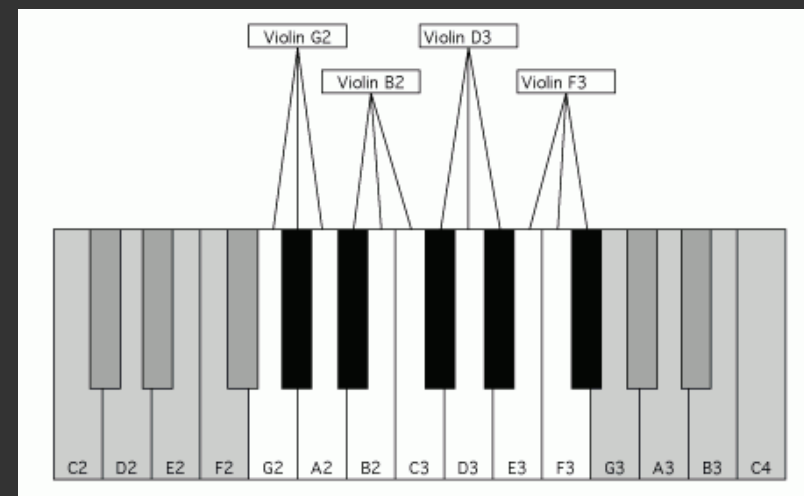


Multisampling

- Dla każdego klawisza chcemy uzyskać dźwięk o danej wysokości.
- **Multisampling** polega na użyciu więcej niż jednej próbki danego brzmienia, różniących się **wysokością** dźwięku.
- Każda próbka jest przypisywana do własnego klawisza bazowego (*root key*).
- Pełny multisampling – nagranie osobnej próbki dla każdej wysokości dźwięku i przypisanie „jeden klawisz – jedna próbka”.
- Metoda stosowana np. w profesjonalnych samplowanych fortepianach.
- Nagrane próbki muszą się różnić wyłącznie wysokością – nie mogą różnić się barwą, intonacją, itp.
- Bardzo czasochłonne i kosztowne podejście. Wymaga nagrywania wielu podejść, późniejszego edytowania i strojenia próbek.

Zmiana wysokości dźwięku

- Ograniczony multisampling: jedna próbka pokrywa zakres klawiatury.
- Konieczność **zmiany wysokości** dźwięku podczas odtwarzania próbki.
- Typowy sampler dokonuje **przepróbkowania** (*resampling*) sygnału przez odczyt pamięci ze zmiennym krokiem, zależnym od wysokości, z **interpolacją** (liniową lub dokładniejszą), podobnie jak w generatorach tablicowych.
- Powoduje to **zniekształcenia czasowe** w niezapętłonych fragmentach:
 - **zwiększenie** wysokości – dźwięk się **skraca**,
 - **zmniejszenie** wysokości – dźwięk się **wydłuża**.
- Zakres wysokości dźwięku, w którym próbka brzmi „dobrze”, jest ograniczony (zależy od charakteru dźwięku i od jego wysokości).



Multisampling

- Ile próbek musimy nagrać? To zależy od charakteru dźwięku, tzn. jak dobrze daje się go przepróbkować. W praktyce można:
 - nagrać jedną próbkę w środku skali,
 - sprawdzić w jakim zakresie wysokości dźwięku brzmienie próbki jest akceptowalne po przepróbkowaniu,
 - 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 różnić się tylko wysokością, nie brzmieniem.

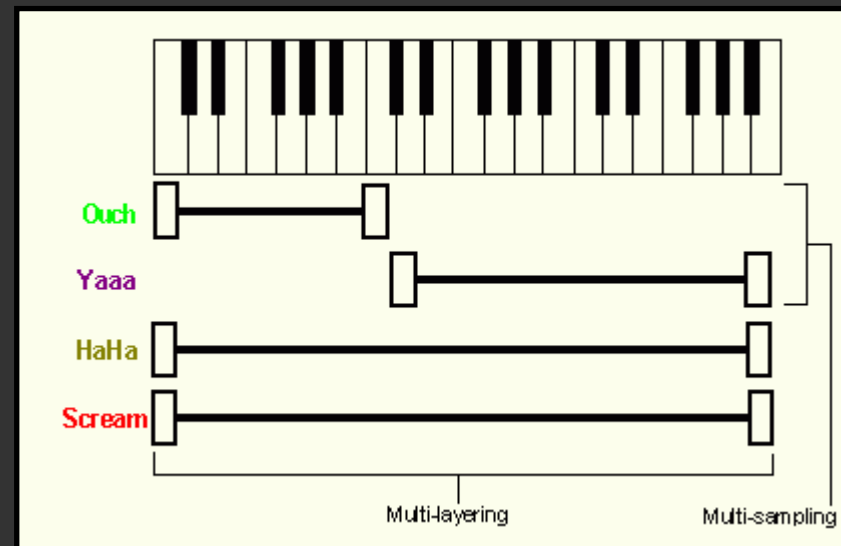


Multisampling w praktyce

- Jeżeli samodzielnie nagrywamy próbki, musimy zadbać o to, aby nie było różnic brzmienia między próbkami o różnych wysokościach.
- Warto nagrać kilka próbek dla każdej rejestrowanej wysokości.
- Próbki muszą być zestrojone ze sobą pod względem wysokości dźwięku.
- Jeżeli nie mamy kontroli nad wysokością rejestrowanego dźwięku, pozostaje nam albo zdać się na sampler, albo samodzielnie przygotować próbki o różnych wysokościach z użyciem edytora dźwiękowego.
- Dla dźwięków harmoniczných – przyda się tu resynteza addytywna (np. program SPEAR).

Uwarstwianie

- **Uwarstwianie** (*multilayering*) polega na podkładaniu dwóch lub więcej próbek pod ten sam klawisz lub zakresy klawiszy.
- Multisampling i uwarstwianie są często stosowane jednocześnie.
- Typowe zastosowania:
 - warstwy odtwarzane **równocześnie**, mieszane w wybranych proporcjach (miksowanie różnych próbek),
 - **podział** klawiatury – różne zakresy klawiszy odtwarzają różne warstwy,
 - **wybór** jednej warstwy: według kolejności, losowo albo na podstawie wybranego parametru, np. *velocity*.



Uwarstwianie - praktyczne zastosowanie (1)

Problem samplerów nr 1: **brakuje ekspresji** w grze. Sama zmiana głośności dźwięku to za mało. Potrzebujemy zmian brzmienia.

- Nagrywamy próbki dźwięku (różne wysokości) z różną artykulacją (ekspresją), np. dla gitary klasycznej: lekkie, normalne i mocne szarpnięcie struny.
- Tworzymy osobną warstwę dla każdej artykulacji.
- Wybór warstwy: w zależności od parametru *velocity* informującego o prędkości („sile”) wciskania klawisza.
- Możliwe jest też mieszanie warstw w proporcjach zależnych od *velocity*.
- Brzmienie instrumentu będzie się zmieniało w zależności od prędkości wciskania klawisza.

Uwarstwianie - praktyczne zastosowanie (2)

Problem samplerów nr 2: **jednostajne brzmienie**, każdy dźwięk jest taki sam.

- Nagrywamy kilka próbek brzmienia z każdą wysokością, tak aby występowały niewielkie, ale słyszalne różnice brzmienia.
- Tworzymy warstwy z próbek (jedna warstwa powinna mieć zgodne brzmienie).
- Kolejne generowane dźwięki pochodzą z różnych warstw, wybieranych po kolei, albo losowo.
- Dzięki temu, wprowadza się zróżnicowanie brzmienia próbek.
- Metoda jest szczególnie użyteczna dla dźwięków perkusji (w tym przypadku odpada kwestia wysokości dźwięku).

Mapa (split), instrument i bank

- Po wykonaniu wszystkich opisanych wcześniej operacji, mamy strukturę:
 - przypisanie **próbek** (*sample*) do **klawiszy bazowych** (*root note*),
 - **zakresy klawiszy** (*note range*), w których dana próbka jest odgrywana ze zmianą wysokości dźwięku,
 - **warstwy** (*layer*), zbierające próbki i ich zakresy klawiszy, oraz sposób ich odtwarzania, np. przypisanie *velocity* do numeru warstwy.
- Taka struktura nazywa się **mapą** (*map*) lub **splitem** (*split*).
- Zbiór próbek wraz z mapą nazywa się **instrumentem** lub **programem**.
- **Bank** – wszystkie programy/instrumenty dostępne w samplerze w danej chwili, np. zawartość pliku wczytanego do samplera.
Standardowe formaty banków: *SoundFont* (SF2), *Downloadable Sound* (DLS).

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 ma potrzeby stosowania całego zakresu klawiatury na instrument,
 - **zestaw perkusyjny** (*drum set*) – różnym wysokościami dźwięku (różnym klawiszom) przypisane są próbki różnych instrumentów perkusyjnych.

Parameters	Splits:	1: Filter Snap	2: Noise Slap	3: Scratch	4: Scratch	5: Drum Stick	6: Snare Tick	7: Met C lick	8: Met C lick	9: Tight Kick Drum	10: Tight Kick Drum	11: Rim Shot	12: Snare 1	13: Claps 808ish	14: Snare 2	15: Acoustic Tom	16: High Hat Closed	17: Acoustic Tom	18: High Hat Foot	19: Acoustic Tom	20: Open High Hat	21: Acoustic Tom	22: Acoustic Tom	23: Med Crash Cymbal	24: Acoustic Tom	25: Ride Ping	26: China Crash Cymbal	27: Ride Bell	28: Brass Tambourine	29: Splash	30: Cowbell	31: Med Crash Cymbal
Key Range		27-27	28-28	29-29	30-30	31-31	32-32	33-33	34-34	35-35	36-36	37-37	38-38	39-39	40-40	41-41	42-42	43-43	44-44	45-45	46-46	47-47	48-48	49-49	50-50	51-51	52-52	53-53	54-54	55-55	56-56	57-57
Parameters	Splits:	32: Vibrato Loop	33: Ride Ping	34: Hihat Ring	35: Hihat Tone	36: Quin to Closed	37: Quin to Tone	38: Low Tom	39: Tinble Ring	40: Tinble Strike	41: Agogo Bell	42: Agogo Bell	43: Cabasa	44: Maracas	45: Samba Whistle	46: Samba Whistle	47: Guiro Down	48: Guiro Up	49: Rosewood Clay	50: Wood Block	51: Wood Block	52: Quic Hi Tom	53: Quic Downst	54: Mute Triangle	55: Triangle	56: Cabasa	57: Sleigh Bells	58: Bell Tree	59: Castanets	60: Taiko Drum	61: Taiko Drum	62: Carillon C6
Key Range		58-58	59-59	60-60	61-61	62-62	63-63	64-64	65-65	66-66	67-67	68-68	69-69	70-70	71-71	72-72	73-73	74-74	75-75	76-76	77-77	78-78	79-79	80-80	81-81	82-82	83-83	84-84	85-85	86-86	87-87	34-34

Przetwarzanie sygnału w samplerze

Dodatkowe możliwości modyfikacji dźwięku odgrywanego przez sampler, spotykane głównie w samplerach programowych (*software sampler*):

- nakładanie obwiedni wzmocnienia, np. w celu ukształtowania fazy ataku, lub wybrzmiewania po pętli,
- filtracja – modyfikacja barwy dźwięku,
- LFO – modulacja wysokości próbki, częstotliwości filtru, wzmocnienia,
- modulacja za pomocą *velocity* lub pokręteł na klawiaturze,
- efekty brzmieniowe, np.: *delay*, *chorus*, pogłos, itp.

Historia sampleroów

Fairlight CMI (I: 1979, II: 1982)

Computer Musical Instrument

Pierwsza cyfrowa „stacja robocza”,
popularyzacja cyfrowego
samplingu w muzyce,
bardzo wysoki koszt
(ok. 30 000\$ w 1982).



E-mu Emulator II (1984)

Wciąż drogi (7995\$ w 1984),
ale bardziej dostępny.

8 bit, 27,7 kHz, 512 KB RAM



Historia sampleroów

Akai S1000 (1988)

16 bit 44100 Hz stereo,
RAM 32 MB,
przetwarzanie 24 bit



LinnDrum (1982)

Automat perkusyjny
wykorzystujący sample



Samplery programowe

Samplery programowe (*software samplers*)

- sampling z wykorzystaniem tylko komputera osobistego,
- prosta i wygodna obsługa przy pomocy myszki i klawiatury,
- duże możliwości przetwarzania próbek,
- niektóre programy współpracują ze sprzętowymi samplernami.

Przykład (najbardziej popularny sampler):

NI Kontakt.



Synteza granularna

Synteza granularna (*granular synthesis*) jest eksperymentalną metodą syntezy dźwięków (zazwyczaj niemuzycznych), stosowaną programowo.

- Próbki dźwięków (dowolnych) są dzielone na **granulki** (*grain*) o czasie trwania 1-250 ms, średnio 50 ms.
- Granulki (z jednej lub wielu próbek) są dobierane, łączone, uwarstwiane, rozciągane, transponowane, itp., tworząc nowe dźwięki.
- Sposób łączenia granulek jest zwykle wyznaczony przez algorytm.
- Metoda tworzy krótkie dźwięki („nuty”), albo rozciągnięte w czasie „**chmury dźwiękowe**” (*clouds, soundscapes*).
- Metoda stosowana do tworzenia eksperymentalnej muzyki, tła dźwiękowego do filmów, efektów specjalnych, itp.

Sampling a synteza dźwięku

Czy sampler jest syntezatorem dźwięku?

- Wczesne samplery wymagały wprowadzenia próbek z zewnątrz. Próbki były tylko odtwarzane, nie było tu żadnej syntezy.
- Z czasem do samplerów zaczęto dodawać pamięć ROM z gotowymi próbkami.
- Powstały też instrumenty mające tylko gotowe próbki („romplery”).
- Do instrumentów mających gotowy zestaw próbek (zwykle instrumentów muzycznych), bez możliwości wgrywania własnych próbek, dodawano zaawansowane możliwości przetwarzania próbek, miksowania, łączenia w sekwencje, dodawania efektów, itp.
- Różne nieformalne nazwy: **synteza oparta na próbkach** (*sample based synthesis*), **synteza PCM** (*PCM synthesis*). Można tu mówić o pewnej syntezie.

Roland D-50

Roland *D-50* (1987)

- „Liniowa synteza arytmetyczna” (*linear arithmetic synthesis, LA*).
- Dźwięki klasycznych instrumentów muzycznych.
- Transjenty – początkowa faza dźwięku – generowane z nagranych próbek.
- Faza stanu ustalonego – syntetyzowana cyfrowo, metodą zbliżoną do subtraktywnej (oszczędność pamięci).



Korg M1

Korg *M1* (1988) – najlepiej sprzedający się EIM w historii (ok. 250 tys. sztuk).

- 100 brzmień melodycznych i 44 perkusyjne – 4 MB ROM.
- Próbki wielu instrumentów muzycznych, w tym egzotycznych.
- Możliwość budowania brzmień z fragmentów, np. osobne próbki dla transjentów i fazy podtrzymania łączone ze sobą – wiele kombinacji.
- Kształtowanie brzmienia z użyciem cyfrowych filtrów i modulatorów LFO/EG.
- Metoda określona jako *digital sample-based subtractive synthesis*.
- Wbudowany sekwencer oraz (nowość) moduł efektów brzmieniowych.



Muzyczne stacje robocze

Terminem „muzyczna stacja robocza” (*music workstation*) określa się instrumenty, które w jednym, samodzielnym urządzeniu łączą wiele funkcji:

- syntezytor – cyfrowa emulacja syntezy subtraktywnej i inne metody,
- synteza PCM – odgrywanie gotowych instrumentów z próbek dźwięku,
- sampler – wgrywanie własnych instrumentów z próbek,
- efekty brzmieniowe (pogłos, echo, chorus, itp.),
- sekwencer – automatyczne generowanie sekwencji dźwięków,
- cyfrowy rejestrator dźwięku.

Stacje robocze są wyposażone w klawiaturę muzyczną i obsługują MIDI.

Przykład: **Korg Kronos** (2011).



Elektroniczne pianina

- Elektroniczne pianina są przykładem EIM opartych na próbkach, wyspecjalizowanych w generowaniu dźwięków specyficznego typu instrumentów klawiszowych: fortepian, pianino, klawesyn, klawinet, itp.
- Istnieją też instrumenty rozbudowane o pewne formy syntezy.
- Clavia *Nord Stage 2* (2011):
 - *Piano section* – próbki brzmień różnych instrumentów klawiszowych,
 - *Organ section* – dźwięki organów, modelowanie fizyczne,
 - *Synth section* – cyfrowa synteza subtraktywna, FM (3-op) oraz sampling.



Sampling a synteza tablicowa

Synteza tablicowa (*wavetable synthesis*):

- w tablicy zapisane są pojedyncze okresy prostych sygnałów (fale),
- są one zapętlane w całości,
- można zmieniać falę w trakcie tworzenia dźwięku,
- dźwięk jest generowany w czasie rzeczywistym, a nie po prostu odtwarzany.

Sampling:

- dłuższe próbki dźwiękowe zapisywane w pamięci,
- zapętlanie tylko wybranych fragmentów,
- możliwość wprowadzania własnych próbek,
- trudniejsza zmiana wysokości (zniekształcenia czasowe).

Sampling - podsumowanie

Zalety:

- możliwość tworzenia własnych instrumentów z próbek dowolnego brzmienia,
- możliwość wiernego naśladowania dźwięków instrumentów muzycznych,
- prosta budowa (procesor sygnałowy i pamięć),

Wady:

- ograniczenie do już istniejących dźwięków,
- czasochłonny proces tworzenia instrumentów z próbek,
- zniekształcenia czasowe przy zmianie wysokości dźwięku,
- małe możliwości kształtowania brzmienia (problem braku artykulacji).

Podsumowanie

Czego oczekuje muzyk kupujący „klawisze”?

- Analogowe syntezatory wymyślono w celu tworzenia eksperymentalnych dźwięków. Nigdy nie miały one być stosowane do imitowania instrumentów.
- Grono użytkowników wczesnych syntezatorów było ograniczone. Muzycy starali się uzyskać przybliżenie dźwięków klasycznych instrumentów.
- Wprowadzenie obsługi gotowych presetów (*Prophet 5*) znacznie zwiększyło grono użytkowników syntezatorów.
- Paradoks *Yamaha DX7*: bardzo popularny, chociaż prawie nikt nie potrafił go programować – większość używała gotowych presetów.
- Pojawienie się *Korga M1* i podobnych dało odpowiedź na zadane pytanie: zdecydowana większość muzyków potrzebowała instrumentu wiernie naśladowującego brzmienia wielu klasycznych instrumentów.

Literatura

- Wikipedia (wersja angielska)
- Martin Russ: *Sound Synthesis and Sampling*. Focal Press, Oxford 1996.
- Creative Vienna – plik pomocy do programu
- Program *Viena*: www.synthfont.com

Materiały wyłącznie do użytku wewnętrznego dla studentów przedmiotu *Elektroniczne instrumenty muzyczne*, prowadzonego przez Katedrę Systemów Multimedialnych Politechniki Gdańskiej. Wykorzystywanie do innych celów oraz publikowanie i rozpowszechnianie zabronione.

This presentation is intended for internal use only, for students of Multimedia Systems Department, Gdansk University of Technology, attending the „Electronic musical instruments” course. Other uses, including publication and distribution, are strictly prohibited.