

## Ćwiczenie 1

### Przetwarzanie i analiza sygnałów audio z wykorzystaniem Matlab-a

1. Wygenerować sygnał sinusoidalny o częstotliwości 1kHz spróbkowany z częstotliwością 48kHz. Obliczyć widmo sygnału. Sygnał i widmo przedstawić na wykresie oraz wygenerować odpowiedni plik wav zawierający sygnał. W sprawozdaniu proszę omówić transformatę Fouriera i jej własności a także skomentować widmo wygenerowanego sygnału. Proszę także zbadać wpływ długości sygnału na jego widmo obliczając widmo sygnału składającego się ze 100 i 100000 próbek.

2. Wygenerować melodie składającą się z następujących dźwięków (każdy dźwięk to sinusoida o amplitudzie 1 i czasie trwania 0.5 sek) :

D D C#C# B B A A

E E D D C# C# B B (powtorzyć)

Częstotliwość każdego dźwięku w skali dźwięków równomiernie temperowanej wynosi :

A: 440.00 Hz

B: 493.88 Hz

C#: 554.37 Hz

D: 587.33 Hz

E: 659.26 Hz

F#: 739.99 Hz

3. Zsumować dwa sygnały sinusoidalne o takich samych amplitudach a) sygnały o takich samych częstotliwościach b) sygnały o różnych częstotliwościach. Przedstawić na wykresach kilka przypadków sumowania w zależności o różnicy faz sygnałów. Zbadać zjawisko powstawania dudnień (interferencja sygnałów o podobnych częstotliwościach np. 400 i 402 Hz. W sprawozdaniu proszę opisać zjawisko interferencji sygnałów (dla uproszczenia sinusoidalnych) o takich samych i różnych częstotliwościach oraz omówić powstawanie dudnień.

4. Wygenerować sygnał zmodulowany amplitudowo. Sygnałem nośnym będzie sygnał sinusoidalny o częstotliwości 400Hz, natomiast sygnał modulujący o częstotliwości 10Hz. Proszę przedstawić sygnał na wykresie oraz przeanalizować widmo sygnału zmodulowanego. W sprawozdaniu proszę omówić widmo otrzymanego sygnału.

Funkcja obliczająca transformatę Fouriera fft została opisana na stronie :

<http://www.mathworks.com/help/techdoc/ref/fft.html>

## Ćwiczenie 2

### Analiza widmowa sygnałów audio z wykorzystaniem Matlab-a

1. Wygenerować sygnał prostokątny (o współczynniku wypełnienia 50% oraz 80%), piłokształtny oraz trójkątny o częstotliwości 1kHz. Obliczyć widmo sygnałów. Sygnał i widmo przedstawić na wykresie oraz wygenerować odpowiedni plik wav zawierający sygnał. W sprawozdaniu skomentować widmo wygenerowanego sygnału. Z jakich składowych się ono składa ? (do generowania sygnału można użyć funkcji `square(t,duty)` oraz `sawtooth(t,width)`)
2. Wygenerować sygnał sinusoidalny, którego częstotliwość zmienia liniowo w zakresie od 50Hz do 5kHz. Dokonać analizy widmowej w czasie z wykorzystaniem funkcji `specgram(a,nfft)`. W sprawozdaniu proszę opisać co to jest spektrogram i jego zastosowanie w analizie sygnałów a także opisać jego związek z transformatą Fouriera liczoną na poprzednich zajęciach.
3. Przeanalizować spektrogram sygnału mowy (zawierającego głoski dźwięczne i bezdźwięczne) nagranych z mikrofonu (funkcja `wavrecord(n,Fs)`). Przykładowe głoski i słowa do analizy : p, a, s, m, i, pass, bass.  
głoski dźwięczne - przy ich wymawianiu drgają wiązadła głosowe (b, d, g, z, ż, ź, dz, dź, dż, w, j, m, n, l, ł, r oraz wszystkie samogłoski)  
głoski bezdźwięczne - przy ich wymawianiu nie drgają wiązadła głosowe (p, t, k, s, ś, sz, c, ć, cz, f, ch)

### Ćwiczenie 3

#### Analiza widmowa instrumentów z wykorzystaniem Matlab-a

1. Przeanalizować widmo i jego zmianę w czasie (spektrogram) próbek instrumentów. W sprawozdaniu proszę skomentować skład widma : kamertonu, fletu szkolnego, fletni pana, werbla oraz akordeonu. Z jakich składowych składa się widmo tych instrumentów. Jak zmienia się udział harmonicznych w czasie wybrzmiewania dla różnych instrumentów?

2. Wygenerować efekt pogłosu pomieszczenia będącego wynikiem interferencji fali bezpośredniej i odbitej (opóźnionej). Jako fale bezpośrednia użyć odpowiedniego pliku wav lub sygnału mowy z mikrofonu, natomiast fala odbita to sygnał opóźniony w czasie o 100 i 500ms. Przeanalizować i omówić zmiany widma sygnału z i bez efektu pogłosu.

Fragment kodu realizujący efekt pogłosu :

```
N - liczba próbek
for n=N+1:length(sound)
    out(n)=0.8*out(n-N)+sound(n);    % amplituda sygnału opóźnionego wynosi 0,8
end
```

3. Wygenerować sygnał sinusoidalny, którego częstotliwość zmienia liniowo w zakresie od 20Hz do 20kHz. Sygnał przefiltrować filtrem dolnoprzepustowym i górnoprzepustowym o częstotliwości granicznej 1kHz. Przeanalizować widmo przed i po filtracji. W sprawozdaniu proszę opisać własności filtrów górno i dolnoprzepustowych oraz ich wpływ na sygnał o liniowo zmieniającej się częstotliwości.

Fragment kodu filtra dolnoprzepustowego Butterwortha 15 rzędu o częstotliwości granicznej 2kHz:

```
fNorm = 2000 / (f/2);    % f-częstotliwość próbkowania sygnału filtrowanego
[b,a] = butter(15, fNorm, 'low');
funkyLow = filtfilt(b, a, funky);

freqz(b,a,128,f);    % charakterystyka częstotliwościowa filtru
```

## Ćwiczenie 4

### Edycja plików wav z wykorzystaniem programu Audacity

1. Usuwanie składowej stałej. W wyniku przetwarzania A/C i C/A oraz wzmacniania często w sygnale pojawia się składowa stała. W pliku posiadającym składową stałą odnaleźć miejsce w którym występuje przerwa, tym fragmencie dodać ciszę (funkcja Silence w menu Generowanie tonu). Ponieważ plik posiada składową stałą w momencie rozpoczęcia i zakończenia ciszy pojawią się trzaski (można je zaobserwować na mierniku poziomu sygnału lub spectrogramie). Użyć opcji usuń składową stałą oraz znormalizować sygnał. (funkcja Normalizuj w Menu Efekty). W sprawozdaniu proszę opisać operacje normalizacji i usuwania składowej stałej oraz czym funkcja normalizuj różni się od zmiany głośności.
2. Sterowanie obwiednią dźwięku. Należy utworzyć dwie ścieżki dźwiękowe : jedną z utworem muzycznym, drugą z nagraniem przez mikrofon sygnałem mowy zawierającym słowa : "Dźwięk i multimedia w systemach komputerowych na Wydziale Fizyki i Informatyki Stosowanej". Sterując obwiednią dźwięku umieścić sygnał mowy w środku sygnału muzycznego - narzędzie obwiedni dostępne jest na pasku edycja w oknie głównym programu.
3. Odszumianie sygnału. Nagrać sygnał mowy przy użyciu mikrofonu. Z nagranego sygnału pobrać obszar zawierający sam szum oraz odjąć go od sygnału mowy. Funkcja odszumiacz w menu Efekty. Porównać sygnał oraz widmo przed i po odszumieniu. Zbadać wpływ parametru stopnia odszumiania na zniekształcenia sygnału
4. Usuwanie wokalu z utworu. Wczytać plik zawierający sygnał audio. Dokonać rozdzielenia sygnału stereofonicznego na dwie niezależne ścieżki. Na jednej ze ścieżek dokonać inwersji sygnału (funkcja Obróć sygnał w pionie z menu Efekty). Każdą ze ścieżek przekonwertować na ścieżkę mono. Jeśli pojawiają się trzaski można użyć opcji usuwanie trzasków lub korekty charakterystyki. W sprawozdaniu opisać dlaczego wokal został usunięty.
5. Przeanalizować widmo próbki akordeonu a następnie przy pomocy narzędzia korekcja graficzna z menu Efekty usunąć wyższe harmoniczne. Opisać widmo i barwę przed i po korekcie.
6. Przy pomocy mikrofonu nagrać sygnał mowy a następnie dokonać jego zmiany wysokości (zmień wysokość w menu Efekty). Przeanalizować widmo sygnału przed i po zmianie.

## Ćwiczenie 5

### Analiza sygnałów cyfrowych z wykorzystaniem Matlab-a

1. Wygenerować sygnał sinusoidalny o częstotliwości 1kHz próbkowany z częstotliwością 48kHz. Wygenerowany sygnał spróbować z częstotliwością 10kHz i 1kHz oraz skwantować z rozdzielczością 8 i 4 bitów. Sygnał przedstawić na wykresie oraz zbadać i opisać jego widmo dla różnych częstotliwości próbkowania i rozdzielczości kwantowania.
3. W celu wygładzenia skwantowanego sygnału przefiltrować go filtrem dolnoprzepustowym o częstotliwości granicznej 10kHz. Przefiltrowany sygnał porównać z sygnałem przed kwantowaniem. Zbadać i omówić widmo sygnału przed i po filtrowaniu.
4. Zbadać wpływ częstotliwości próbkowania i rozdzielczości kwantowania na zniekształcenia dźwięku. Przy pomocy programu Audacity zmienić częstotliwość próbkowania oraz rozdzielczość kwantowania. Na wykresach przedstawić przebieg sygnału i spektrogram. W sprawozdaniu opisać zmiany spektrogramu.

## Ćwiczenie 6

### Kompresja sygnału audio - MP3

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się metodami kompresji sygnału audio, oraz zbadanie wpływu stopnia kompresji na jakość sygnału. Ćwiczenie zostanie wykonane z wykorzystaniem codeka do formatu MP3 Lame wraz z nakładką graficzną Lame Front-End 1.5. Program dostępny na stronie : <http://www.pazera-software.pl/products/lame-front-end/>

Przy pomocy programu Audacity wygenerować pliki wav zawierające sygnał piłokształtny oraz prostokątny o częstotliwości 1kHz. Pliki skompresować do formatu MP3 ze stałym bitratem (CBR) 32kbit, 64 kbit, 128 kbit oraz z przydzielanym dynamicznie (VBR). Porównać kształt i widmo sygnału przed i po kompresji.

Fragment utworu muzycznego skompresować do formatu MP3 z różnym bitratem. Przeanalizować utwór przed i po kompresji.

## Ćwiczenie 7

### Synteza subtraktywna

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z subtraktywną metodą syntezy dźwięku oraz stworzenie wirtualnego syntezatora (w postaci wtyczki VST) opartego na tej metodzie. Synteza subtraktywna (ang. subtractive synthesis) polega na odejmowaniu harmonicznym, poprzez przetwarzanie przebiegów generowanych przez oscylatory. Ćwiczenie w programie Synthedit.

Do budowy syntezatora zostaną użyte następujące komponenty (dostępne w menu Insert) :

Input/Output - SoundOut - łączy sygnał w wyjściem karty dźwiękowej

Waveform - Oscillator - Oscylator sterowany napięciowo

Controls - Keyboard - klawiatura midi umożliwiającą wprowadzanie danych MIDI

Midi - Midiln - komponent który przechwytuje sygnały MIDI z urządzenia fizycznego

Midi - Midi to CV - komponent tłumaczący sygnały MIDI na napięcie sterujące generatorem

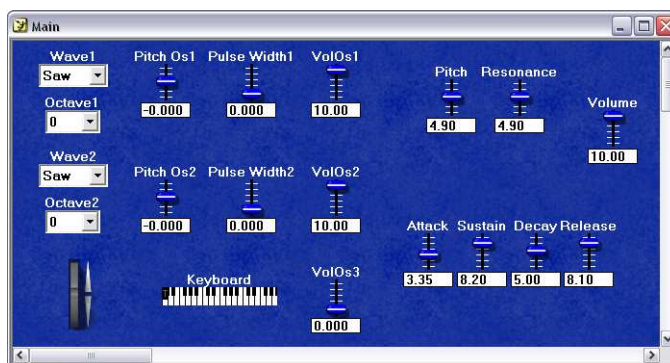
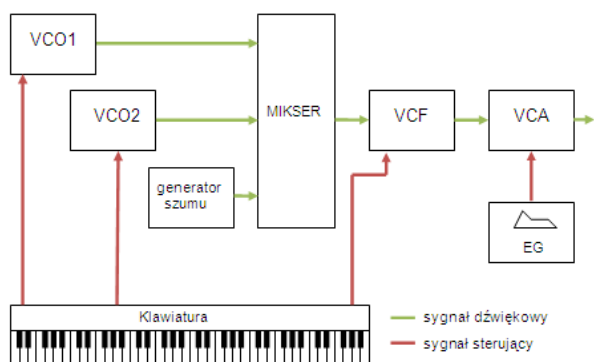
Waveform - ADSR - generator obwiedni dźwięku

Modifiers - VCA - wzmacniacz sterowany napięciowo

Filters - Moog Filter - filtr sterowany napięciowo

Controls - Pitch Bender - manipulator zmiany wysokości dźwięku

Schemat blokowy syntezatora opartego na syntezie subtraktywnej wraz z przykładowym panelem

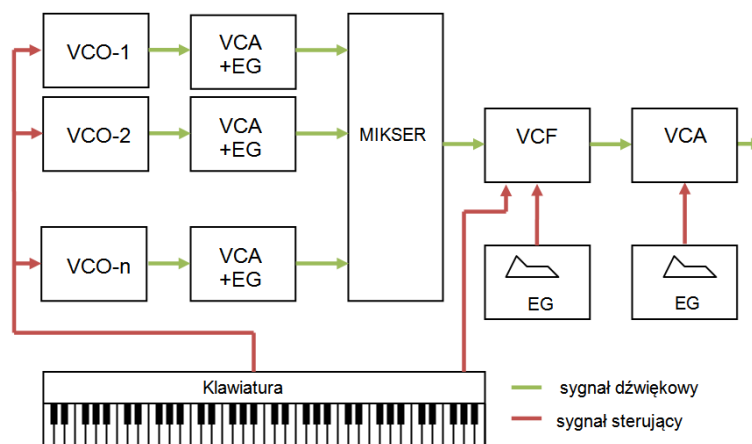


## Ćwiczenie 8

### Synteza addytywna.

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z addytywną metodą syntezy dźwięku oraz stworzenie wirtualnego syntezatora (w postaci wtyczki VST) opartego na tej metodzie. Synteza ddytywna (ang. subtractive synthesis) polega na łączeniu przebiegów generowanych przez oscylatory. Ćwiczenie w programie Synthedit.

Schemat blokowy syntezatora opartego na syntezie addytywnej

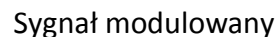


Przenalizować widmo dźwięku fletu oraz rozłożyć go na składowe. Następnie ustawiając odpowiednio generatory odtworzyć barwę fletu.



## Synteza FM - modulowanie sygnałów

1. Modulacja amplitudy (AM z ang. Amplitude Modulation), to jedna z trzech podstawowych rodzajów modulacji. Polega na zakodowaniu sygnału informacyjnego w chwilowych zmianach amplitudy sygnału nośnego (tzw. fali nośnej). Przykładowy sygnał zmodulowany amplitudowo przedstawiono na rysunku:



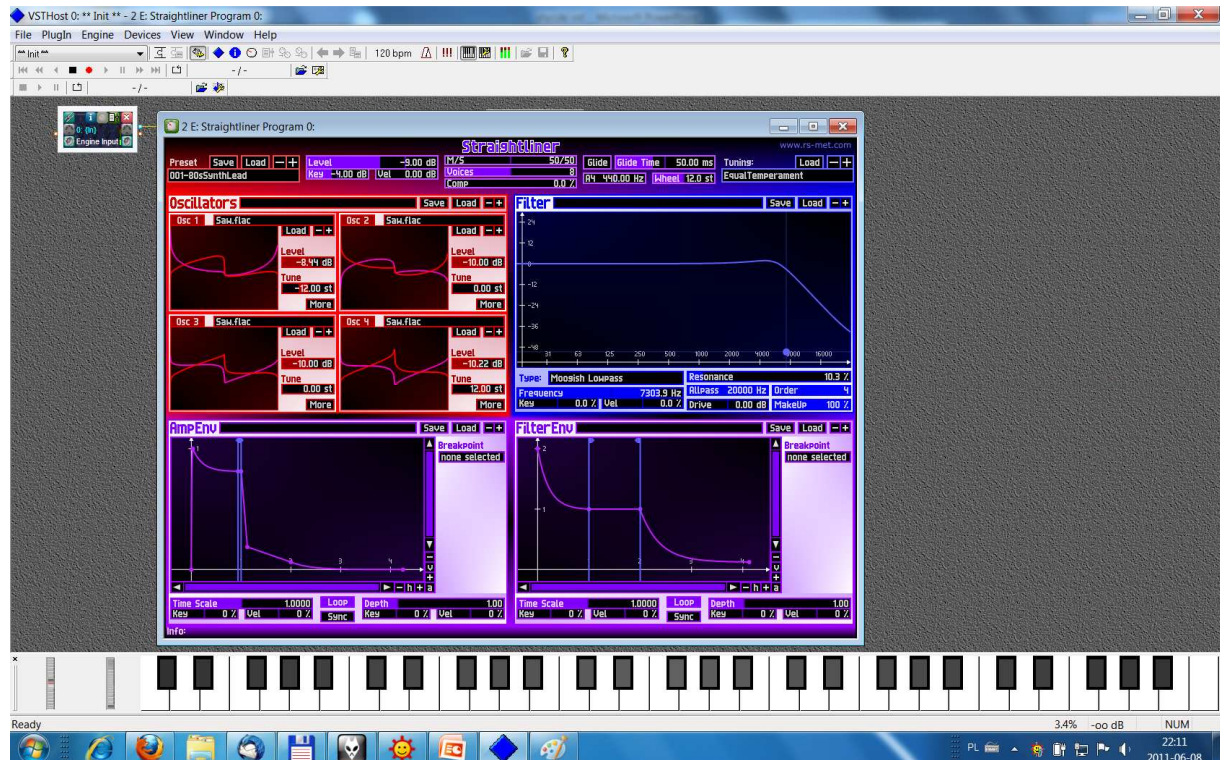
The screenshot displays a Pure Data patch for a synthesizer. Key components include:

- MIDI Input:** MIDI In, MIDI In Channel, and Bend Range.
- Keyboard Channel:** A MIDI Out signal connected to a Keyboard Channel object.
- Signal Processing:**
  - ADSR:** Attack, Decay, Sustain, Release, and Volume modules.
  - VCA:** Volume Control Amplifier modules.
  - WaveMod:** Waveform Modulation modules (WaveMod1, WaveMod2).
  - Choice:** A module for selecting between different waveforms or outputs.
  - Switch (1->Many):** A module for routing signals.
- Visualizers:**
  - Sound Output:** A meter showing the output signal level.
  - Scope:** A scope showing the signal waveform.

## Ćwiczenie 10

### Przegląd wtyczek VST

Celem ćwiczenia jest zapoznanie komercyjnymi syntezatorami oraz efektami dostępnymi w postaci wtyczek VST. Wtyczki testowane będą w środowisku VST Host.



## Ćwiczenie 11

### Obsługa systemów do nagrywania, edycji i odtwarzania dźwięku

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z cyfrowymi stacjami roboczymi do obróbki dźwięku (ang.: DAW - digital audio workstation).

