

B2M31SYN - SYNTH CHALLENGE 2018

David Nováček

31. prosince 2018

1 Rozbor a popis skladeb

1.1 Vjezd gladiátorů

Velmi známý pochod od Julia Fučíka. Bude potřeba syntetizovat smyčcový a žestový soubor, trubku, pozoun, tubu, flétnu, klarinet, a sadu bicích (kopák, snare, kotel, činely). Je zde vyšší počet nástrojů k syntéze a soubory (smyčcový a žestový).

1.2 Vraždy v Midsomeru

Úvodní znělka z krimi pořadu. Bude potřeba syntetizovat píšťalka, piano, basklarinet, violoncello a kontrabas. V originální verzi hraje hlavní melodii theremin, zde je nahrazen píšťalkou. Klíčová je věrohodná syntéza píšťalky, která má nahrazovat spojitý zvuk thereminu zabarveného vibrátem.

1.3 Výběr skladby k syntéze

Na první pohled výhodou Midsomeru je nízký počet nástrojů k syntéze. Na druhou stranu, nevěrohodná syntéza každého nástroje zde bude velmi slyšet. Další nevýhodu vidím v hlavní melodii, v originálu hránou thereminem, který má spojitě přechody mezi tóny. Velký vliv zde také hraje exprese hudebníka, kterou lze simulovat vibrátem a glissandem.

Rozhodl jsem pro syntézu skladby Vjezd gladiátorů, přestože má více nástrojů, soubory i bicí. V případě, že u některého nástroje nebude syntéza věrohodná, je zde velká šance, že souborový zvuk zastře nedostatky jednotlivců, podobně jako je tomu v živém souboru.

2 Použité metody pro syntézu nástrojů

2.1 Aditivní syntéza

Aditivní syntéza je součtová metody využívající Furierovy řady. Tedy fakt, že každý periodický signál, lze rozložit na součet sinů s různou amplitudou, frekvencí a fázovým posunem.

Pro syntézu harmonických zvuků (hudební nástroje, zpěv) se používají celočíselné násobky základní frekvence. Pro dechové žestové nástroje (pozoun, trubka, tuba) jsou typické výrazné sudé harmonické složky, které jsou vůči sobě mírně rozladěny. Právě neceločíselnost násobků základní frekvence dává zvuku kovový charakter. Naopak pro dechové dřevěné nástroje (flétna, klarinet) jsou typické výrazné liché harmonické složky.

Pro syntézu neharmonických zvuků, se používají i neceločíselné násobky základní frekvence (tympán, perkuse).

Aditivní syntéza byla použita k syntéze pozounu, tuby, lesního rohu, flétny, klarinetu, tympán a kopáku pro bicí.

2.2 Formantová syntéza

Přestože se formantová syntéza využívá především k syntéze řeči, má široké uplatnění i v syntéze hudebních nástrojů. Principem je získání rezonančních frekvencí a šířek pásma, které slouží jako parametry rezonátoru. Rezonátor lze budít různými typy signálů (pila, obdelník, šum, impuls) v závislosti na druhu zvuku.

Formantová syntéza byla použita k syntéze houslí a všech perkusních zvuků vyjma kopáku (snare, kotel, činely).

2.3 Modulační syntéza

K syntéze nástrojů byla použita frekvenční modulace. Frekvenční modulace je závislost frekvence nosné vlny na změnách amplitudy modulačního signálu.

Nástroje syntetizované pomocí modulační syntézy jsou trumpeta a xylofon.

2.4 Efekty

2.4.1 Vibrato

Vibrato je nepatrná, pravidelná a rychle pulzující změna výšky tónu. Dobře slyšitelný je u strunných nástrojů (housle, violoncello, kytara) nebo zpěvu. Efekt spočívá v tom, že posluchač neslyší pouze jednu základní frekvenci tónu, ale tón kmitající kolem základní frekvence. Ve vhodném použití je zvuk bohatší a příjemnější na poslech.

Efekt vibrato byl použit k bohatšímu a věrohodnějšímu zvuku houslí.

2.4.2 Chorus

Efekt chorus je založen na kopiích signálu, které jsou zpožděné náhodnou dobu. Podobně jako je tomu ve sboru, kde každý hráč nasadí tón v různou dobu. Je využíván k simulaci několika hrajících nástrojů, přestože hraje pouze jeden.

Efekt chorus byl použit k simulaci smyčcového a žestového sboru.

2.4.3 Echo

Efekt echo patří k efektům se statickým zpožděním. Pokud je zpoždění menší než 25ms, posluchač stále vnímá jeden zdroj zvuku. Pokud je zpoždění mezi 25-50ms, jedná se o tzv. slapback - dochází ke zdvojení zdrojů zvuku.

Efekt echo byl použit na skladbu Vjezd gladiátorů. Jelikož je sklaba hrána symfonickým orchestrem, posluchač ji nejspíše uslyší v koncertní místnosti, kde je velmi specifická akustika s mírným echem. Parametry echa: zpoždění - 0.1 sekund a filtrační koeficient - 0.4.

2.5 Obálky

2.5.1 Exponenciální

Exponenciála je velmi přirozeně se vyskytující průběh. Není divu, že se v hojné míře nalézá i v syntéze hudby. Typickými zástupci zvuků s exponenciální obálkou jsou: drnknutí struny, bicí nástroje, zvony ale i dechové nástroje (klarinet).

2.5.2 ADSR

Obálka typu ADSR je univerzální nástroj k popisu, jak se s časem zvuk mění. Průběh signálu lze rozdělit na 4 části: A-attack, D-decay, S-sustain a R-release.

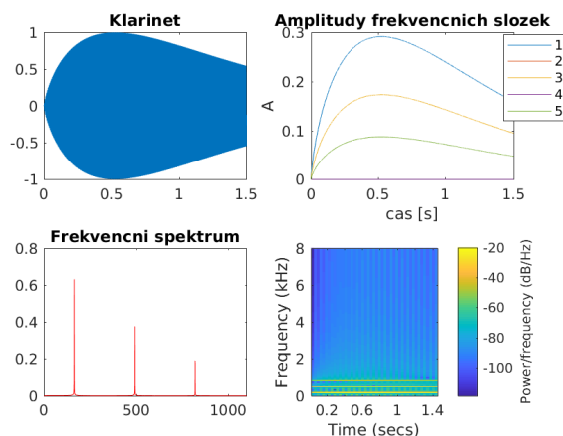
3 Syntéza nástrojů

3.1 Klarinet

K syntéze klarinetu byla využita aditivní syntéza 2.1 s obálkou 2.5.1 dle předpisu

$$obalka = At^n e^{-\frac{t}{\tau}}. \quad (1)$$

Hodnoty amplitud vyšších harmonických byly převzaty z 3. cvičení předmětu B2B31SYN.



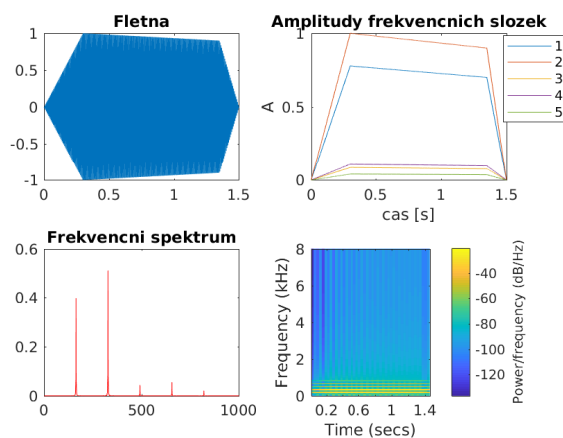
Obrázek 1: Časový průběh s obálkou, Amplitudy frekvencních složek, frekvencní spektrum a spektrogram pro klarinet

3.2 Flétna

K syntéze flétny byla využita aditivní syntéza 2.1 s obálkou typu ADSR 2.5.2. Hodnoty amplitud vyšších harmonických byly odečteny z frekvencního spektra ukázky zvuku flétny "fletna.wav" dostupné z hlavní stránky předmětu B2B31SYN. Je použito 5 složek vyšších harmonických.

X	0	0.2	0.9	1
Y	0	1	0.9	0

Tabulka 1: ADSR obálka pro flétnu



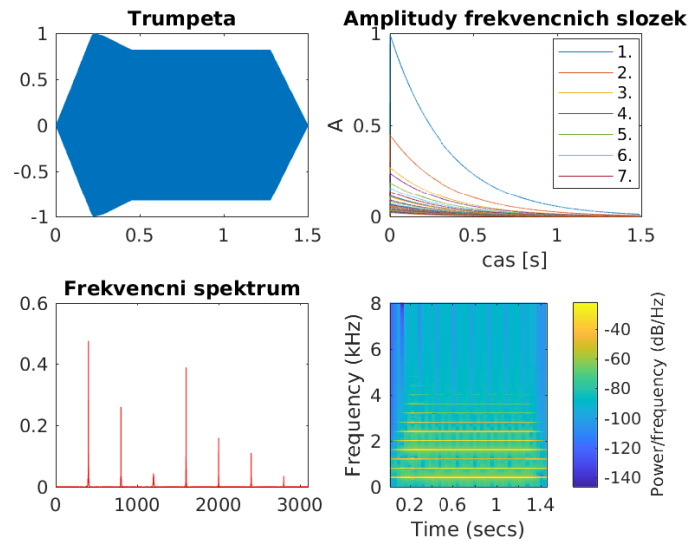
Obrázek 2: Časový průběh s obálkou, Amplitudy frekvencních složek, frekvencní spektrum a spektrogram pro flétnu

3.3 Trubka

K syntéze trubky byla využita modulační syntéza 2.3 s obálkou typu ADSR 2.5.2. Hodnoty parametrů byly převzaty z 8. cvičení předmětu B2B31SYN.

X	0	0.15	0.3	0.85	1
Y	0	1	0.8	0.8	0

Tabulka 2: ADSR obálka trubky



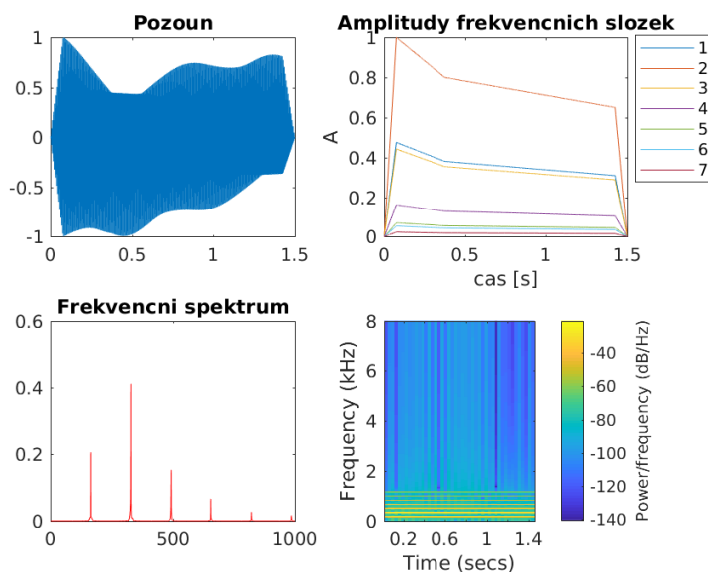
Obrázek 3: Časový průběh s obálkou, Amplitudy frekvencních složek, frekvencní spektrum a spektrogram pro trubku

3.4 Pozoun

K syntéze pozounu byla využita aditivní syntéza 2.1 s obálkou typu ADSR 2.5.2. Hodnoty amplitud vyšších harmonických byly odečteny z frekvencního spektra ukázky zvuku pozounu "pozoun_1.wav" dostupné z hlavní stránky předmětu B2B31SYN. Je použito 7 složek vyšších harmonických. *pozn: S barvou zvuku pozounu jsem měl největší komplikace, původně jsem odečítal spektrum z ukázky "pozoun.wav", kde výsledný zvuk byl blíže klarinetu, nebo foukacímu piánu. Výsledné barvě pomohly neceločíselné násobky vyšších harmonických, které jsou odečteny ze spektra jako normovaná frekvence a vyladění parametrů ADSR obálky*

X	0	0.05	0.25	0.95	1
Y	0	1	0.8	0.65	0

Tabulka 3: ADSR obálka pozounu



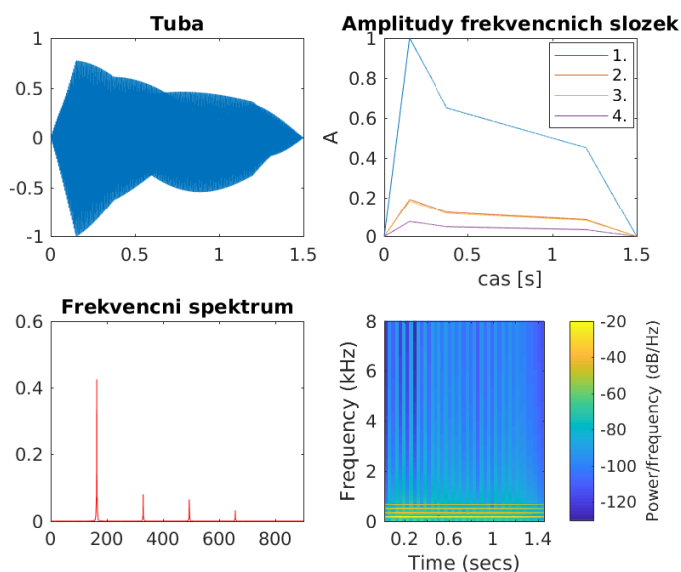
Obrázek 4: Časový průběh s obálkou, Amplitudy frekvencních složek, frekvencní spektrum a spektrogram pro pozoun

3.5 Tuba

K syntéze tuby byla využita aditivní syntéza 2.1 s obálkou typu ADSR 2.5.2. Hodnoty amplitud vyšších harmonických byly odečteny z frekvencního spektra ukázky zvuku tuby "tuba.wav" dostupné z hlavní stránky předmětu B2B31SYN. K věrohodnějšímu kovovému zvuku, byly použity 4 necelocíselné násobky vyšších harmonických.

X	0	0.1	0.25	0.8	1
Y	0	1	0.65	0.45	0

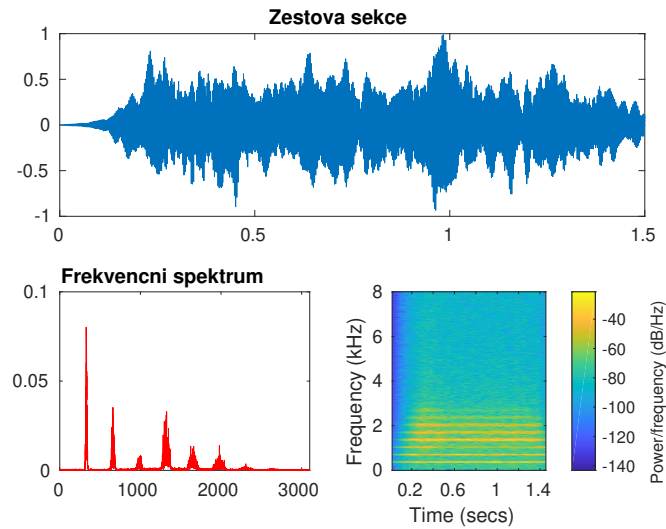
Tabulka 4: ADSR obálka tuby



Obrázek 5: Časový průběh s obálkou, Amplitudy frekvencních složek, frekvencní spektrum a spektrogram pro tubu

3.6 Žestová sekce

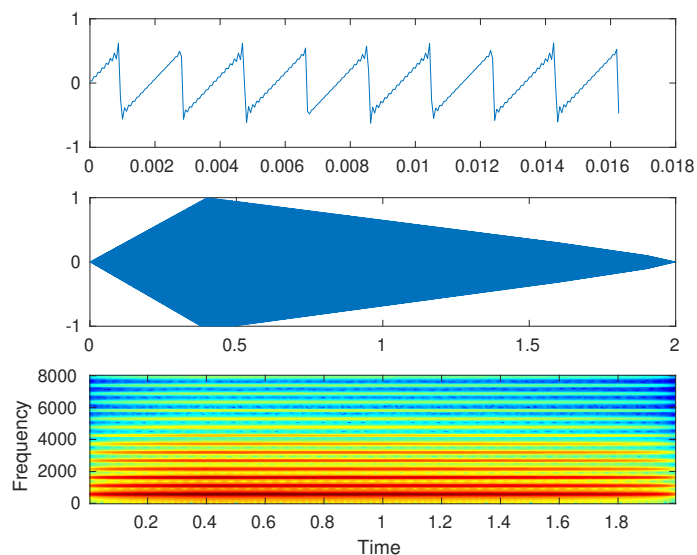
Žestová sekce je simulována 15-ti trubkami 3.3 pomocí efektu chorus 2.4.2.



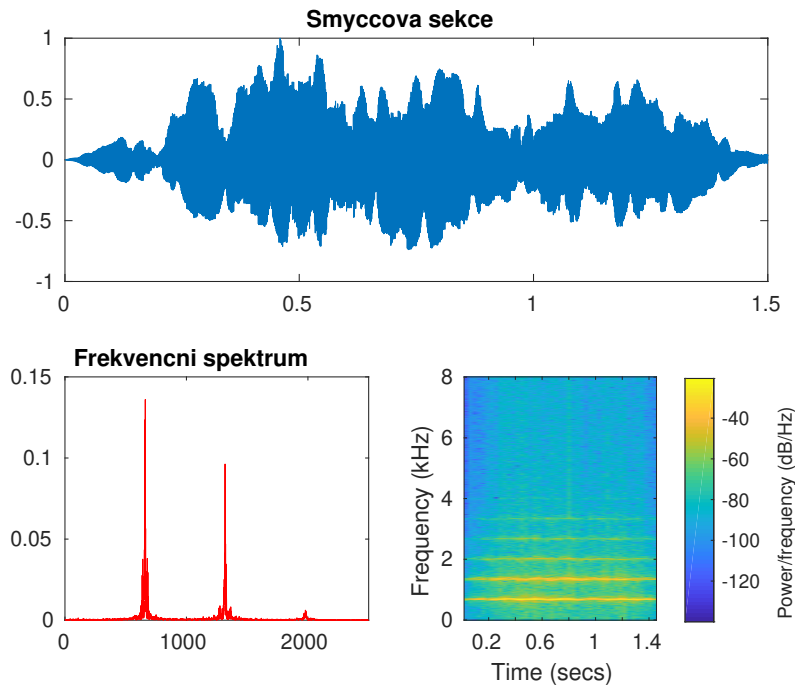
Obrázek 6: Časový průběh s obálkou, frekvenční spektrum a spektrogram pro žestovou sekci

3.7 Smyčcový soubor

Nejprve je zapotřebí syntetizovat housle. K syntéze houslí byla použita 2.2 formantová syntéza. Budící signál je pásmově omezená pila, která je generovaná jako integrace periodických pásmově omezených pulzů. Parametry k syntéze houslí byly převzaty z 6. cvičení předmětu B2B31SYN. Pro bohatší zvuk jsou housle zabarveny efektem vibrato 2.4.1. Smyčcový soubor je simulován 30-ti houslemi pomocí efektu chorus 2.4.2.



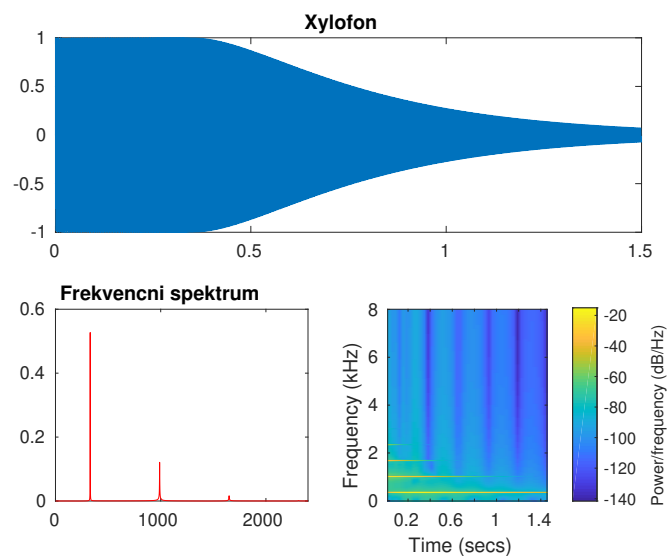
Obrázek 7: Budící signál pásmově omezené pily, obálka a frekvenční spektrum pro housle



Obrázek 8: Časový průběh s obálkou, frekvenční spektrum a spektrogram pro smyčkový soubor

3.8 Zvonkohra (xylofon)

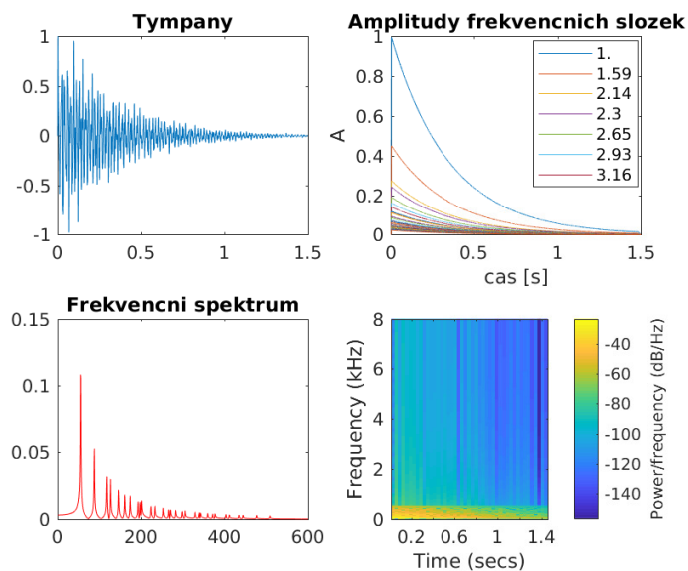
K syntéze xylofonu byla použita modulační 2.3 syntéza s exponenciální 2.5.1 obálkou. Parametry byly odladěny ručně, dokud nebyl výsledný zvuk uspokojivý.



Obrázek 9: Časový průběh s obálkou, frekvenční spektrum a spektrogram pro xylofon

3.9 Tympány

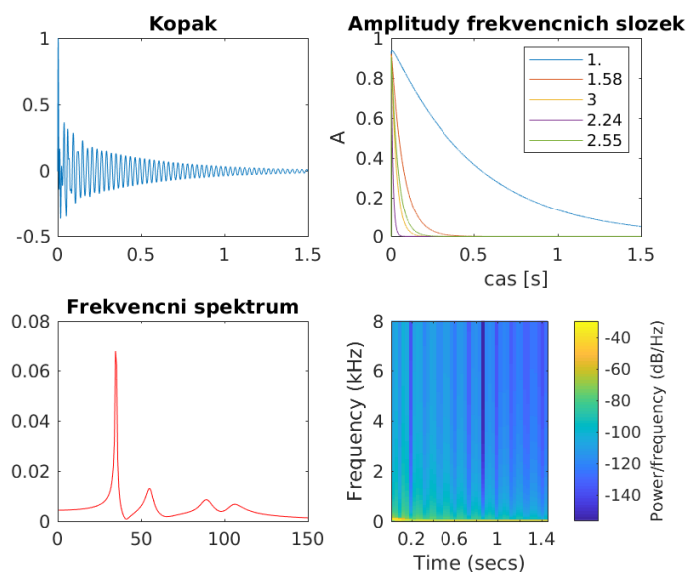
K syntéze tympánů byla využita aditivní syntéza 2.1 s exponenciální 2.5.1 obálkou. Neceločíselné harmonické a jejich amplitudy byly převzaty z 3. cvičení předmětu B2B31SYN. Za zmínku stojí zajímavý fakt, že tympány lze ladit na určitou výšku tónu, přestože signál obsahuje neceločíselné násobky vyšších harmonických.



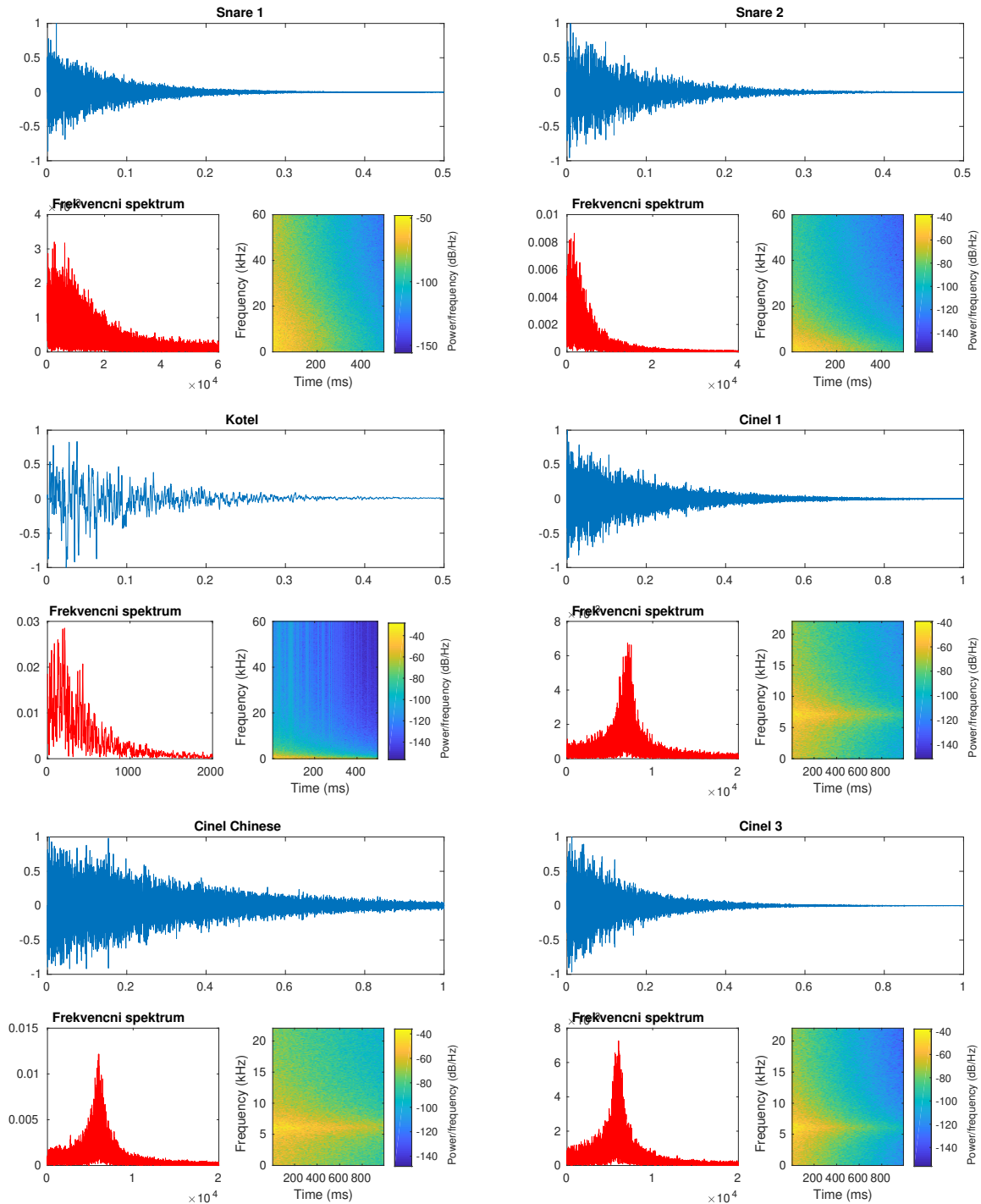
Obrázek 10: Časový průběh s obálkou, Amplitudy frekvencních složek, frekvencní spektrum a spektrogram pro tympány

3.10 Perkuse

Zvuk kopáku (basového bubnu) je syntetizován pomocí aditivní syntézy 2.1 s exponenciální 2.5.1 obálkou. Parametry jsou laděny ručně, dokud nebyl zvuk uspokojivý. Pro zbytek perkusních zvuků je využita formantová 2.2 syntéza. Parametry opět naladěny ručně.



Obrázek 11: Časový průběh s obálkou, Amplitudy frekvencních složek, frekvencní spektrum a spektrogram pro kopák



Obrázek 12: Časový průběh s obálkou, Amplitudy frekvenčních složek, frekvenční spektrum a spektrogram pro perkuse

4 Stupnice

Druhá část synthchallenge 2018 vyžaduje 3 oktávy durové stupnice. Zvolil jsem základní stupnici c-dur. Pořadí nástrojů je následující: tuba, pozoun, trubka, klarinet, smyčcová sekce, flétna, xylofon, tympány, perkuse.

5 Vlastní realizace

Syntézu neharmonických zvuků jsem zamítl, neboť utrpení způsobené neustálým posloucháním šumů, syntetického kvákání a praskání bylo devastující. Chtěl jsem využít již syntetizovaných nástrojů, především žesťové sekce. Jelikož jsem nenašel vhodný midi file k [Hello - cover by Lucky Chops](#), zvolil jsem známou famfáru [20th century fox](#). Midi soubor dostupný z [midiworld.com](#). Ke konverzi na midi type 0 jsem použil [midifile_rb](#).

V této famfáře se objevují žesťové nástroje (trubka, pozoun, tuba, lesní roh), smyčcová sekce a sada bicích. Jediný chybějící nástroj byl lesní roh, který jsem syntetizoval pomocí aditivní [2.1](#) syntézy s ADSR [2.5.2](#) obálkou. K odečtení parametrů jsem použil ukázkou lesního rohu "lesni_roh.wav" dostupnou z hlavní stránky předmětu B2B31SYN.

Poznámka: Synthchallenge 2018 vyžaduje výstupní formáty .m4a. Tento formát je podle [dokumentace](#) podporován pouze operačním systémem Windows a Mac. Jsem uživatel linuxu - exportované soubory jsou ve formátu .wav, které po doplnění parametru *BitsPerSample* = 64 jsou v dostatečné kvalitě.

6 Zdroje

[Aditivní syntéza](#) - <http://sami.fel.cvut.cz/syn/SYN03.pdf>

[Formantová syntéza](#) - <http://noel.feld.cvut.cz/vyu/dzr/dzr12/>

[Parametry pro formantovu syntézu](#) - <http://sami.fel.cvut.cz/syn/SYN06.pdf>

[Modulační syntéza](#) - https://cs.wikipedia.org/wiki/Frekven%C4%8Dn%C3%AD_modulace

[Parametry pro modulační syntézu](#) - http://sami.fel.cvut.cz/syn/SYN_08.pdf

[Efekty](#) - https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=69239

[Parametry echa](#) - <http://sami.fel.cvut.cz/syn/SYN10.pdf>

[ADSR obálka](#) - https://en.wikipedia.org/wiki/Attack_Decay_Sustain_Release

[Ukázky nástrojů](#) - <http://sami.fel.cvut.cz/syn/>