

# Rozšírenie kódovania MIDI o metadáta z harmonickej analýzy klasickej hudby

Jakub Tarhovický  
Školiteľ: RNDr. Andrej Ferko, PhD.

# Harmonická analýza

- Skúma tonálnu hudbu na základe harmónie — postupnosť akordov.
- Akordom v kontexte nejakej tóniny pripisuje rôzne funkcie.

*Tonika* (I - stred, pocit domova)

*Subdominanta* (IV - krok von zo stredu)

*Dominanta* (V - najväčšie napätie)

The image shows a musical score for a piano in C major. The key signature has one sharp (F#) and the time signature is common time (C). The score consists of two staves, treble and bass clef. The first measure contains a C major triad (C-E-G) in the treble clef and a C major triad in the bass clef. The second measure contains a C major triad in the treble clef and an F major triad (F-A-C) in the bass clef. The third measure contains a C major triad in the treble clef and a G major triad (G-B-D) in the bass clef. The fourth measure contains a C major triad in both staves. Below the bass clef staff, the chords are labeled: C: IV V I.

# Harmonická analýza

→ Od autorov prof. Eva Ferková, Mgr. Michal Šukola — algoritmická harmonická analýza MIDI súborov.

1:4.0: A MAJOR\_TRIAD:ROOT(5):D MOLL:D (V):null:bach\_20240320121607.mid  
1:6.0: A DOMINANT\_SEVENTH:TERZQUART(3,4):D MOLL:D (V):null:bach\_20240320121607.mid  
2:3.0: A DOMINANT\_SEVENTH:SEPT(7):D MOLL:D (V):null:bach\_20240320121607.mid  
2:4.0: A MAJOR\_TRIAD:QUARTSEXT(4,6):D MOLL:D (V):null:bach\_20240320121607.mid  
2:5.0: A DOMINANT\_SEVENTH:TERZQUART(3,4):D MOLL:D (V):null:bach\_20240320121607.mid  
2:6.0: F AUGMENTED\_SEVENTH:SECUND(2):D MOLL:III:null:bach\_20240320121607.mid  
3:2.0: Cb! DIMINISHED\_MINOR\_SEVENTH:SECUND(2):null:null:null:bach\_20240320121607.mid  
3:6.0: null:null:null:null:null:bach\_20240320121607.mid  
4:2.0: A DOMINANT\_SEVENTH:SECUND(2):D MOLL:D (V):null:bach\_20240320121607.mid  
4:3.0: D MINOR\_TRIAD:SEXT(6):D MOLL:T (I):null:bach\_20240320121607.mid  
4:4.0: G DOMINANT\_SEVENTH:SECUND(2):null:null:null:bach\_20240320121607.mid  
4:6.0: Db! DIMINISHED\_TRIAD:SEXT(6):null:null:null:bach\_20240320121607.mid

# Kodovanie hudby

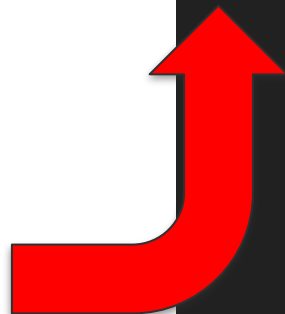
- Hudba má mnoho aspektov.
- Navrhnuť univerzálne kódovanie hudby je cieľ nepraktický a zrejme aj nemožný.
- Pri navrhovaní kódovania sa musíme rozhodnúť, na aké aspekty sa sústrediť a aké vynechať.
- Tri hlavné druhy hudobných kódov: notačné, analytické a zvukové.

# Notačné kódovanie - MusicXML, MEI

- Formáty založené na XML.
- MusicXML — “diplomatický” formát na výmenu notácie medzi rôznymi notačnými programami bez závislosti na konkrétnej implementácii.
- MEI — určený predovšetkým na vedecké účely, väčší dôraz na analýzu.

```
<!DOCTYPE score-partwise PUBLIC
  "-//Recordare//DTD MusicXML 4.0 Partwise//EN"
  "http://www.musicxml.org/dtds/partwise.dtd">
<score-partwise version="4.0">
  <part-list>
    <score-part id="P1">
      <part-name>Music</part-name>
    </score-part>
  </part-list>
  <part id="P1">
    <measure number="1">
      <attributes>
        <divisions>1</divisions>
        <key>
          <fifths>0</fifths>
        </key>
        <time>
          <beats>4</beats>
          <beat-type>4</beat-type>
        </time>
        <clef>
          <sign>G</sign>
          <line>2</line>
```

```
</clef>
</attributes>
<note>
  <pitch>
    <step>C</step>
    <octave>4</octave>
  </pitch>
  <duration>4</duration>
  <type>whole</type>
</note>
</measure>
</part>
</score-partwise>
```



# Notačné kódovanie - MusicXML, MEI

- Spôsoby definovať dáta harmonickej analýzy v oboch formátoch.
- V MEI cez element `<chordTable>`. V ňom sú uložené akordy cez noty, ktoré ho vytvárajú v elemente `<chordDef>`. Túto definíciu potom v notovom zápise adresujeme cez jej ID atribút.

# Zvukové kódovanie - MIDI

- Vznikol aby zjednotil formáty a protokoly komunikácie rôznych digitálnych hudobných nástrojov.
- Definuje *Standard MIDI File* format (**SMF**).
- Súbory neobsahujú samotné audio informácie ale postupnosť MIDI a ne-MIDI eventov.

Track chunk: "MTrk" + <Track Length> + <MTrk Event> + ... + <MTrk Event> + <EoT Meta-event>

MTrk Event: <Delta Time> + <**MIDI Event**> OR <**SysEx Event**> OR <**Meta-event**>



# Zvukové kódovanie - MIDI

## MIDI Event

Note On Event := 1001nnnn 0kkkkkkk 0vvvvvvv

Note Off Event := 1000nnnn 0kkkkkkk 0vvvvvvv

- Status Byte — Event type (4 bits), channel (4 bits);
- 2 Data Bytes — key, velocity

# Zvukové kódovanie - MIDI

## Meta-Event

- Deklarujú informácie ako tónina, tempo, názov nástroja atď'.

Meta-event := 0xFF + <Meta-event Type> + <Length Byte> + <Message Bytes>

Type	Event	Type	Event
0x00	Sequence number	0x20	MIDI channel prefix assignment
0x01	Text event	0x2F	End of track
0x02	Copyright notice	0x51	Tempo setting
0x03	Sequence or track name	0x54	SMPTE offset
0x04	Instrument name	0x58	Time signature
0x05	Lyric text	0x59	Key signature
0x06	Marker text	0x7F	Sequencer specific event
0x07	Cue point		

# Rozšírenia MIDI formátu

- SMF vytvorené na účel nahrávania a prehrávania hudby.
- Chýbajú informácie na účely notácie, harmonickej analýzy atď.
- Kvôli tomu boli definované rozšírenia SMF.

# Rozšírenia MIDI formátu

## **MIDIPlus**

- Kóduje nad-hudobné informácie vo velocity bytoch Note On a Note Off eventov. Napríklad: enharmonický tvar tónov cez najnižšie 2 bity.

## **ExpressiveMIDI**

- Využíva SysEx eventy na kódovanie notačných informácií.

# Rozšírenia MIDI formátu

## NoTAMIDI

→ Definuje nové Meta-Eventy a predefinováva pôvodné pre účely notácie.

FF xx 05 mm nn dd cc bb	Channel Time Signature
FF xx 03 mm sf mi	Channel Key Signature
FF xx 04 mm cl li oc	Clef Sign
FF xx 02 mm dd	Verbal Dynamics
FF xx 02 mm cc	Crescendo/Diminuendo
FF xx 01 aa	Accent
FF xx 01 ss	Slur
FF xx 01 sf	Enharmonic Pitch
FF xx len text	Tempo Name

# HarmonicMIDI Extension

- MIDI rozšírenia sú obskurné a žiadne zo známych nerieši problém harmonickej analýzy.
- MIDI formát — veľmi populárny, mnoho softvérových nástrojov a repozitárov — kompaktný a postačujúci na vykonanie harmonickej analýzy
  
- Definovali sme nové MIDI rozšírenie pre harmonickú analýzu — *HarmonicMIDI*.
- Rozšírenie definujeme cez Meta-Eventy — je dôležité zachovať kompatibilitu s SMF.

# HarmonicMIDI Extension

- **Enharmonic Pitch Meta-Event**
- **Chord Section Meta-Event**
- **Chord Type Declaration Meta-Event**
- **Harmonic Function Meta-Event**
- **HMIDI Key Signature Meta-Event**
- **Scale-Key Meta-Event**
- **Scale Declaration Meta-Event**

# HarmonicMIDI Extension

## Formát HarmonicMIDI Meta-Eventov:

0xFF + <Type-Byte> + <Length-Byte> + <HMIDI Type-Byte> + <Message Bytes>

## Extension Tag Meta-Event:

0xFF + <Type-Byte> + <Length-Byte> + 0x00 + ASCII BYTES

- Jeden SMF Type-Byte. Rozlišujeme medzi našimi Meta-Eventami cez HMIDI Type-Byte, čiže je priestor na 256 rôznych Meta-Eventov.
- SMF Type-Byte nie je presne definovaný — nové Meta-Eventy v SMF môžu byť definované v budúcnosti (zatiaľ ich je len 15 z 256 možných).
- Chceme zabrániť tomu, aby bol v budúcnosti obsadení Type-Byte.



# HarmonicMIDI Extension

## Enharmonic Pitch Meta-Event

0xFF + <Type-byte> + <Length-byte> + 0x03 + <Accidental-byte>

## Chord Section Meta-Event

0xFF + <Type-byte> + <Length-byte> + 0x01 + <Note-byte> + <Chord Type-byte> + (<Inversion-byte>)

## Scale-Key Meta-Event

0xFF + <Type-byte> + <Length-byte> + 0x65 + <Note-byte> + <ID-byte>

MAJOR TRIAD  
MINOR TRIAD  
AUGMENTED TRIAD  
DIMINISHED TRIAD  
DOMINANT SEVENTH  
DIMINISHED SEVENTH  
DIMINISHED MINOR SEVENTH  
MAJOR SEVENTH  
MINOR SEVENTH  
AUGMENTED SEVENTH  
MINOR MAJOR SEVENTH  
DOMINANT SEVENTH INCOMPLETE  
DOMINANT SEVENTH ALT INCOMPLETE  
MAJOR SEVENTH INCOMPLETE  
DIMINISHED SEVENTH INCOMPLETE  
DIMINISHED MINOR SEVENTH INCOMPLETE  
MINOR MAJOR SEVENTH INCOMPLETE

# HarmonicMIDI Extension

## Chord Type Declaration Meta-Event

0xFF + <Type-byte> + <Length-byte> + 0x54 + <ID-byte> + <Step-byte> + <Step-byte> + ... + <Step-byte> + 0xFF + (ASCII STRING BYTES)

- Poskytuje možnosť definovať vlastný typ akordu pre Chord Section Meta-Event
- Step-bytes — vzdialenosť od predošlého tónu v poltónoch

## Scale Declaration Meta-Event

0xFF + <Type-byte> + <Length-byte> + 0x64 + <ID-byte> + <Step-byte> + <Step-byte> + ... + <Step-byte> + 0xFF + (ASCII STRING BYTES)

# HarmonicMIDI Extension

0xFF + <Type-byte> + 0x05 + 0x54 + <ID-byte> + 0x01 + 0x02 + 0x01 + 0x03 + 0x01 + 0xFF



0xFF + <Type-byte> + 0x07 + 0x64 + <ID-byte> + 0x01 + 0x02 + 0x02 + 0x02 + 0x01 + 0x02 + 0x02 + 0xFF



# HarmonicMIDI Extension

## Harmonic Function Meta-Event

0xFF + <Type-byte> + <Length-byte> + 0x02 + <Harmonic Function-byte>

## HMIDI Key Signature Meta-Event

0xFF + <Type-byte> + <Length-Byte> + 0x04 + <Accidental-Byte> + <Major/Minor-byte>

# HarmonicMIDI Extension - Implementácia

- Ako proof-of-concept sme implementovali 2 Java programy, ktoré pracujú s rozšírenými .mid súbormi.
- Jeden zoberie textový výstup algoritmickej harmonickej analýzy od Šúkolu a Ferkovej a rozšíri .mid súbor o HarmonicMIDI Meta-Eventy.
- Druhý číta .mid súbor a printne HarmonicMIDI Meta-Eventy v ňom.

# Budúcnosť

- Pre HarmonicMIDI ešte chýba user-friendly softvér pre písanie a čítanie rozšírených .mid súborov. Napr. plug-in pre Sibelius alebo MuseScore.

Koniec