

Univerzita Karlova
Pedagogická fakulta
Katedra informačních technologií a technické výchovy

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Technologie MIDI a její možná využití

MIDI technology and its use

Lukáš Pech

Vedoucí práce: PhDr. Tomáš Jeřábek, Ph.D.

Studijní program: Informační technologie se zaměřením na vzdělávání (B IT-AJ 20)

Odevzdáním této bakalářské práce na téma Technologie MIDI a její možná využití potvrzuji, že jsem ji vypracoval pod vedením vedoucího práce samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury. Prohlašuji, že jsem při její tvorbě nepoužil nástrojů umělé inteligence jiným způsobem, než je uvedeno ve vyjádření, které je součástí textu práce. Dále potvrzuji, že tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

V Praze dne 13. 4. 2025

Poděkování

Rád bych vyjádřil svou upřímnou vděčnost PhDr. Tomáši Jeřábkovi, Ph.D. za jeho odborné vedení, cenné rady a trpělivost během zpracování této práce. Jeho podpora a ochota sdílet své znalosti byly stěžejní pro její úspěšné dokončení.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zaměřuje na technologii MIDI (Musical Instrument Digital Interface), která je klíčovým prvkem v oblasti elektronických hudebních nástrojů, hudební produkce a multimediální tvorby. Cílem práce je představit nejen teoretické základy fungování MIDI, ale také podrobně analyzovat jeho technické aspekty, komunikační protokoly, formáty souborů a praktické využití v různých oblastech. V teoretické části je technologie MIDI podrobně popsána jak z hlediska softwarového, tak hardwarového. Zaměřujeme se na strukturu MIDI zpráv, způsob jejich přenosu, možnosti propojení s digitálními pracovními stanicemi (DAW) a dalšími externími zařízeními. Důležitou součástí této práce je rovněž přehled historického vývoje a standardizace MIDI, od jeho vzniku v 80. letech až po současnost, kdy je tato technologie stále dominantní v profesionálním i amatérském hudebním světě.

Praktická část této práce navazuje na teoretické poznatky a aplikuje je v reálném prostředí prostřednictvím několika demonstrací. Ukázky zahrnují práci s MIDI sekvencemi v DAW, interaktivní ovládání efektových jednotek a synchronizaci scénických prvků, což ukazuje široké možnosti využití MIDI i mimo hudební sféru. MIDI je zde představeno jako univerzální nástroj pro zefektivnění produkce, rozšíření kreativních možností a precizní řízení různých komponent multimediálních vystoupení. Tato práce poskytuje komplexní pohled na technologii MIDI, která i po několika desetiletích zůstává klíčovým nástrojem v moderní digitální hudbě i scénickém umění.

KLÍČOVÁ SLOVA

MIDI, sekvencer, syntéza, nota, hudba, protokol

ABSTRACT

This bachelor's thesis focuses on the MIDI (Musical Instrument Digital Interface) technology, which is a key element in the field of electronic musical instruments, music production, and multimedia creation. The aim of the thesis is not only to present the theoretical foundations of MIDI, but also to analyze its technical aspects, communication protocols, file formats, and practical applications in various fields. The theoretical part of the thesis provides a detailed description of MIDI technology from both software and hardware perspectives. It focuses on the structure of MIDI messages, the methods of transmission, the possibilities of integration with digital audio workstations (DAWs), and other external devices. An important part of the thesis is also an overview of the historical development and standardization of MIDI, from its inception in the 1980s to the present, where this technology remains dominant in both professional and amateur music scenes.

The practical part of the thesis builds upon the theoretical knowledge and applies it in a real-world environment through several demonstrations. The examples include working with MIDI sequences in DAWs, interactive control of effect units, and synchronization of stage elements, showcasing MIDI's wide range of applications even outside the music domain. MIDI is presented as a versatile tool for streamlining production, expanding creative possibilities, and providing precise control of various components in multimedia performances. This thesis offers a comprehensive view of MIDI technology, which, even after several decades, remains a key instrument in modern digital music and stage arts.

KEYWORDS

MIDI, sequencer, synthesis, note, music, protocol

Obsah

Úvod.....	8
Cíl práce	9
1 Pojem MIDI	10
1.1 Syntéza zvuku	11
1.1.1 Analogová syntéza	12
1.1.2 Digitální syntéza	12
2 Historický vývoj předcházející vzniku MIDI standardu	14
2.1 Vznik elektronických hudebních nástrojů	14
2.2 První snahy o propojení elektronických hudebních nástrojů	17
2.3 Potřeba standardizace propojení elektronických hudebních nástrojů	19
2.4 Vznik MIDI jako standardu	20
3 MIDI nástroj a hudební data	25
3.1 MIDI sekvencer	25
3.2 Hudební data	26
4 Struktura MIDI.....	28
4.1 Softwarové řešení MIDI	28
4.1.1 MIDI Příkazy.....	28
4.1.2 Způsob přenosu MIDI dat ze softwarového hlediska	32
4.1.3 MIDI kanály	34
4.2 Hardwarové rozhraní a propojení.....	36
4.2.1 MIDI porty	38
4.2.2 Způsob přenosu MIDI dat z hardwarového hlediska.....	40
4.3 MIDI formát pro ukládání a distribuci.....	44
4.3.1 Typy formátu Standard MIDI File.....	45

5	Praktické využití MIDI.....	47
5.1	Hudební produkce a živé vystoupení.....	47
5.2	Řízení zvukových efektů a mixování	47
5.3	Synchronizace a řízení multimediálních systémů	48
5.4	Vzdělávání a výuka hudby.....	48
5.5	MIDI v oblasti domácí automatizace.....	48
5.6	Herní průmysl a interaktivní aplikace	48
6	Alternativy k MIDI v kontextu soudobých technologických možností	50
6.1	Audio over IP (AoIP)	50
6.2	Open Sound Control (OSC)	50
6.3	Protokoly pro virtuální nástroje a DAW.....	51
6.4	MIDI 2.0 a rozšířené možnosti.....	51
7	Praktická ukázka použití a analýzy MIDI v DAW	52
7.1	MIDI v hudební produkci: Programování a úprava sekvencí	53
7.1.1	Pochopení principů MIDI v kontextu hudební produkce.....	53
7.1.2	Notový zápis a audio ukázka výchozí melodie v kontextu MIDI syntézy...54	
7.1.3	Notový zápis a audio ukázka výchozí melodie v kontextu MIDI syntézy...58	
7.1.4	Programování MIDI sekvencí v DAW	59
7.1.5	Úprava dynamiky a expresivity pomocí MIDI parametrů	59
7.1.6	Automatizace parametrů a efekty	60
7.1.7	Výhody a nevýhody použití MIDI pro syntézu zvuku a jeho kontrolu v DAW	61
7.2	MIDI v živém vystoupení: Automatizace a interaktivní kontrola.....	62
7.2.1	Synchronizace MIDI s externími zařízeními.....	62
7.2.2	Řízení efektů a změna zvuku nástrojů	63

7.2.3	Dynamické změny v průběhu skladby	64
7.2.4	Triggering samplů a řízení mixu pomocí MIDI	65
7.2.5	Zhodnocení použití MIDI v živém vystoupení	66
7.3	MIDI v řízení scénických prvků a efektů	67
7.3.1	Spolupráce software ChamySys MagicQ a Bome Midi Translator.....	67
7.3.2	Cue stacks a plně automatizované ovládání scény	70
7.3.3	Efektivita využití MIDI při ovládání scénických prvků a efektů	73
Závěr		74
Seznam použitých informačních zdrojů.....		75
Vyjádření k využití nástrojů umělé inteligence		77
Přílohy práce.....		78

Úvod

Technologie MIDI (Musical Instrument Digital Interface) představuje zásadní milník v historii elektronické hudby a jejího propojení s digitálními technologiemi. Když byla technologie poprvé představena v 80. letech, umožnila elektronickým hudebním nástrojům vzájemně komunikovat a synchronizovat se, čímž otevřela nové možnosti pro hudebníky a producenty. Před vznikem MIDI existovaly různé typy elektronických nástrojů, ale jejich vzájemná nekompatibilita bránila efektivní spolupráci a integraci do hudební produkce. MIDI tuto bariéru odstranilo tím, že zavedlo standardizovaný komunikační protokol, který umožnil propojení a synchronizaci různých zařízení, ať už se jednalo o klávesnice, syntetizátory, počítače nebo zvukové procesory.

Důvodem pro vznik této práce je potřeba zkoumat technologii, která nejen změnila způsob tvorby hudby, ale která i dnes ovlivňuje širokou škálu aplikací od hudební produkce po multimediální projekty a domácí automatizaci. MIDI dnes tvoří základ nejen pro profesionální hudební produkci, ale i pro vzdělávání, výuku hudby, herní průmysl a interaktivní aplikace. Jeho význam spočívá nejen v tom, že umožňuje efektivní komunikaci mezi zařízeními, ale i v tom, že se stal nepostradatelným nástrojem pro ovládání a manipulaci s hudebními daty v digitální podobě.

Tato práce se zaměřuje na důkladnou analýzu MIDI z historického, technického a praktického hlediska, s cílem ukázat, jak stále formuje hudební produkci a kreativní procesy. Důraz bude kladen na pochopení principů fungování MIDI, jeho vývoj a možnosti využití v současnosti. S tímto cílem chce práce přispět k hlubšímu porozumění významu MIDI v moderní hudební praxi.

Cíl práce

Cílem této práce je poskytnout ucelený pohled na technologii MIDI z historického, technického i praktického hlediska. Práce mapuje významné události a inovace, které vedly ke vzniku tohoto standardu, analyzuje jeho principy fungování a popisuje jeho využití v hudební produkci.

Úvodní část práce se věnuje historickému kontextu a technologickému vývoji, který předcházel vzniku MIDI. Čtenář bude obeznámen se stěžejními inovacemi v oblasti elektronických hudebních nástrojů, vývoje raných syntezátorů a prvních snah o standardizaci digitální komunikace mezi nimi.

V další části je detailně popsán samotný MIDI protokol – jeho základní principy, struktura zpráv, možnosti využití a technologické aspekty, které umožnily jeho široké rozšíření. Práce se bude věnovat také jeho evoluci a současnému využití v hudební produkci, studiové práci i živém vystupování.

Závěrečná část práce demonstruje praktické využití MIDI standardu na konkrétní zvukové nahrávce. Cílem této části je ukázat, jak lze MIDI využít nejen k řízení parametrů zvuku a automatizaci hudebních zařízení, ale také ke komplexnímu ovládání efektových procesorů během živého vystoupení a k synchronizaci scénických prvků, jako je řízení světelného designu.

1 Pojem MIDI

MIDI (Musical Instrument Digital Interface) je standardní protokol pro komunikaci mezi elektronickými hudebními nástroji, počítači a dalšími zařízeními. Byl vyvinut na počátku 80. let a standardizován v roce 1983.¹ MIDI umožňuje přenos hudebních informací, jako jsou noty, dynamika, tempo a další parametry hudby, prostřednictvím digitálního signálu. Zároveň umožňuje synchronizaci různých zařízení, například syntezátorů, sekvencerů a dalších komponent hudební produkce, čímž zásadně ovlivnilo vývoj hudebního průmyslu.²

Termín Musical Instrument Digital Interface lze přeložit jako „digitální rozhraní pro hudební nástroje“. Slovo „digitální“ v tomto kontextu znamená, že data jsou přenášena v digitálním formátu, zatímco „rozhraní“ označuje spojení mezi jednotlivými hudebními nástroji a zařízeními, které umožňuje přenos těchto dat. Klíčovou funkcí MIDI je schopnost zajistit kompatibilitu elektronických hudebních nástrojů od různých výrobců a vytvořit efektivní systém pro hudební tvorbu.³

Je nutné zdůraznit, že MIDI není hudební jazyk, ani přímo nereprezentuje hudební zvuky, resp. zvukové nahrávky. Rozdíl mezi zvukovou nahrávkou a MIDI daty lze přirovnat k rozdílu mezi záznamem klavírní sonáty na magnetofonovou pásku a notovým zápisem této sonáty. Zatímco záznam uchovává skutečný zvuk klavíru, notový zápis obsahuje pouze symbolické pokyny pro hudebníka, který je na jejich základě schopen skladbu interpretovat.

MIDI funguje na podobném principu jako notový zápis – neobsahuje samotný zvuk, ale sadu elektronických instrukcí určujících, které tóny mají zaznít, s jakou dynamikou a po jakou dobu. Zatímco notový zápis popisuje hudební dílo, které musí interpret zahrát, MIDI data kódují hudební parametry tak, aby mohly být reprodukovány elektronickými nástroji.⁴

Jednou z důležitých vlastností MIDI je schopnost automatizace hudebních parametrů. MIDI umožňuje nejen zaznamenávat a přehrávat hudební informace, ale také dynamicky řídit

¹ FADER.cz. Teorie: Protokol MIDI a jeho historie. Fader.cz, 2016. [online]. Dostupné z <https://www.fader.cz/2016/11/06/teorie-protokol-midi-a-jeho-historie>

² LeicaShop.cz. MIDI: Univerzální zvukový protokol pro elektronické hudební nástroje. LeicaShop.cz, 2024. [online]. Dostupné z: <https://leicashop.cz/midi-univerzalni-zvukovy-protokol-pro-elektronicke-hudebni-nastroje>

³ ANDERTON, Craig. *MIDI for Musicians*. New York: Amsco Publications, 1986. ISBN 0-8256-1050-8, s. 1.

⁴ ROTHSTEIN, Joseph. *Midi: A Comprehensive Introduction*. The Computer Music & Digital Audio Series. Madison, Wis: A-R Editions, 1992. ISBN 9780895792587, s. 1-2.

různé aspekty zvuku, jako je hlasitost, efektové zpracování nebo změny modulace v reálném čase. Tato schopnost dává hudebníkům a producentům detailní kontrolu nad hudebním projevem a umožňuje vytvářet komplexní skladby bez nutnosti ručního zásahu během přehrávání. Automatizace v rámci MIDI protokolu značně usnadňuje úpravy hudebních nahrávek a precizní práci se zvukovými vrstvami v digitálních audio pracovních stanicích (DAW).⁵

Význam MIDI však přesahuje hudební tvorbu – nachází uplatnění i v dalších oblastech digitálního umění a multimédií. Jeho hlavní přínos spočívá ve sjednocení široké škály zařízení různých výrobců do jednoho funkčního systému, který zajišťuje spolehlivou komunikaci mezi jednotlivými komponenty hudebního a multimediálního prostředí. MIDI tedy umožňuje nejen hudebníkům, ale i zvukovým technikům, producentům a dalším tvůrcům efektivně využívat elektronické hudební nástroje a počítače k tvorbě, úpravám i studiu hudby. Díky své flexibilitě a automatizačním schopnostem se MIDI stal základním nástrojem moderní digitální hudební produkce.⁶

MIDI nepracuje se samotným zvukem a nedokáže zaznamenávat, přenášet ani upravovat skutečný zvuk produkováný hudebními nástroji. Hlavním účelem MIDI je tvorba hudby prostřednictvím digitálních nástrojů schopných generovat a číst hudební data. Vysvětlení principů fungování MIDI předchází popis způsobu, jakým je umělý zvuk digitálními nástroji vytvářen, tedy jak probíhá jeho syntéza.⁷

1.1 Syntéza zvuku

Zvuková syntéza představuje proces generování zvuku využívající elektronické či digitální metody. Rozlišují se dva základní přístupy: analogová a digitální syntéza, přičemž každý z nich disponuje specifickými principy tvorby a modifikace zvukového signálu.

⁵ FORRÓ, Daniel. *Automatizace hudby*. Muzikus [online]. Dostupné z: <https://www.casopismuzikus.cz>

⁶ ROTHSTEIN, Joseph. *Midi: A Comprehensive Introduction*. The Computer Music & Digital Audio Series. Madison, Wis: A-R Editions, 1992. ISBN 9780895792587, s. 1-2.

⁷ BOOM, Michael. *Music through MIDI : using MIDI to create your own electronic music system*. Redmond, Wash.: Microsoft Press, 1987. ISBN 978-1556150265, s. 40-47.

1.1.1 Analogová syntéza

Analogová syntéza zvuku funguje na principu generování oscilujícího napětí, které je následně upravováno a zesilováno různými elektronickými komponenty, než je odesláno do reproduktoru. Základním prvkem je oscilátor řízený napětím (Voltage Controlled Oscillator, VCO), který vytváří oscilující signál v širokém frekvenčním rozsahu. Frekvenci oscilátoru ovládá řídicí napětí, které obvykle pochází z klaviatury nebo nízkofrekvenčního oscilátoru (Low Frequency Oscillator, LFO). Změnou tohoto napětí lze ovlivnit výšku tónu, například za účelem vytvoření vibrata.

Zvukový signál z VCO prochází zesilovačem řízeným napětím (Voltage Controlled Amplifier, VCA), který reguluje hlasitost. Když hráč stiskne klávesu, VCA zesílí signál, a jakmile ji uvolní, zvuk utichne. Hlasitost může být dále modulována pomocí LFO, což umožňuje vytvoření efektu kolísání hlasitosti. Barva zvuku neboli jeho spektrální charakter, je ovlivněna volbou vlnového průběhu VCO, jako je sinusový, čtvercový (Square) nebo pilovitý (Saw) signál, a dále úpravou frekvenčního spektra pomocí filtrů. Ty mohou zdůraznit nebo potlačit určité frekvence – například dolní propust odstraní vyšší frekvence, zatímco horní propust naopak potlačí nižší. Filtry jsou řízeny řídicím napětím, které často generuje obálkový generátor (Envelope Generator, EG).

Obálkový generátor vytváří dynamické změny v průběhu tónu a jeho standardní podoba zahrnuje čtyři fáze: nájezd (Attack), pokles (Decay), udržení (Sustain) a uvolnění (Release). Tyto parametry lze upravovat a ovlivňují nejen hlasitost, ale také frekvenci či barvu zvuku. Nastavením všech těchto parametrů – od obálky přes vlnové průběhy až po filtry – vzniká konkrétní zvuk, který se označuje jako Patch. Původně se jednotlivé moduly propojovaly pomocí kabelů, ale moderní syntezátory tento proces často řídí digitálně.

1.1.2 Digitální syntéza

Oproti analogové syntéze, digitální syntéza funguje na principu matematického generování zvukových vln, aniž by procházely analogovými obvody. Digitální syntezátor vytváří komplexní zvukové vlny výpočtem číselných hodnot popisujících jejich tvar. Tyto hodnoty jsou následně převedeny na analogový signál pomocí digitálně-analogového převodníku (Digital-Analog Converter, DAC), který generuje výstupní zvuk. Místo klasických oscilátorů digitální syntezátory často používají tabulkové vlnové formy, kde jsou uloženy

předpočítané hodnoty pro rychlé generování zvuku. Místo syntetizování zvuku od nuly mohou digitální syntezátory využívat nahrané vzorky skutečných zvuků. Tyto vzorky lze přehrávat v různých výškách a dále modifikovat. Digitální systémy umožňují složité úpravy zvuku, jako je frekvenční modulace (Frequency Modulation, FM), aditivní syntéza nebo granulární syntéza, které nejsou snadno dosažitelné v analogové doméně.

Digitální a analogová syntéza se často doplňují. Mnoho moderních syntezátorů kombinuje oba přístupy, aby nabídly širokou škálu zvukových možností. To je důležité i pro pochopení fungování MIDI nástrojů, které mohou využívat různé způsoby syntézy.⁸

⁸ BOOM, Michael. *Music through MIDI : using MIDI to create your own electronic music system*. Redmond, Wash.: Microsoft Press, 1987. ISBN 978-1556150265, s. 40-47.

2 Historický vývoj předcházející vzniku MIDI standardu

MIDI je standardizovaný protokol pro komunikaci mezi elektronickými hudebními nástroji. Z uvedeného je zjevné, že vzniku standardu předcházela nejprve vznik elektronických hudebních nástrojů jako takových a následná potřeba jejich propojení.

2.1 Vznik elektronických hudebních nástrojů

Za první elektronický hudební nástroj lze označit Musical Telegraph, za jehož vynálezce je považován Elisha Gray, americký elektrotechnik narozený roku 1835 v Ohiu, který byl jedním z průkopníků v oblasti telegrafie a hudební elektroniky. Gray se původně věnoval zlepšování telegrafních technologií, avšak jeho experimenty s přenosem zvuku vedly právě k vynálezu Musical Telegraphu.

Gray vycházel ze svého výzkumu v oblasti elektromagnetických oscilací. Zjistil, že lze vytvářet zvuky elektrickými signály a přenášet je po telegrafních linkách. V roce 1874 svůj nástroj předvedl veřejnosti, přičemž využil kovové lamely a elektromagnety k tvorbě tónů. Aby byl zvuk hlasitější, přidal vibrující membránu, čímž fakticky položil základy pro budoucí reproduktory.

Kromě svého přínosu v oblasti hudby je Gray známý i sporem s Alexanderem Grahamem Bellem o vynález telefonu. Přestože Bell svůj patent podal o několik hodin dříve, Gray měl funkčnější návrh. Historie ovšem přisoudila prvenství Bellovi. Podobný nástroj následně sestrojil a v roce 1885 i patentoval Ernst Lorenz.⁹

Neméně významným vynálezem této doby bylo Telharmonium. V roce 1893 začal Thaddeus Cahill, americký vynálezce ovlivněný teoriemi Hermann von Helmholtze, experimentovat s možností generování hudebních tónů pomocí elektrických dynam. Inspirací mu byla Helmholtzova studie o harmonických složkách tónů, které určují barvu zvuku jednotlivých nástrojů. Cahill snil o tom, že vytvoří dokonalý hudební stroj schopný nahradit celé orchestry a vysílat hudbu telefonními linkami do domácností, hotelů a divadel.

⁹ KETTLEWELL, Ben. *Electronic music pioneers*. Paperback. Vallejo, CA: ProMusic Press, 2002. ISBN 978-1931140171, s. 37-38.

Výsledkem jeho práce bylo Telharmonium, obří elektromechanický nástroj vážící 200 tun. Tento nástroj používal princip aditivní syntézy tónů k manipulaci a modifikaci zvuku. Jednotlivé barvy tónů byly tvořeny z fundamentálních frekvencí a vyšších harmonických, generovaných obřími dynamy. Pro generování čistých sinusových vln k syntéze byly individuální cívky generátorů laděny pomocí kondenzátorů, což představovalo další způsob modifikace zvuku.

Cahill v roce 1905 zprovoznil první verzi v New Yorku a získal podporu investorů, včetně vědce Lorda Kelvina. Zájem byl značný, ale provoz Telharmonia měl řadu komplikací – signál rušil telefonní hovory a samotný nástroj byl složitý na ovládání.

Projekt následně narazil na finanční problémy. Náklady na údržbu byly obrovské a s příchodem nových technologií, jako byly mechanické pianoly a rádio, se Telharmonium stalo zastaralým. V roce 1907 se projekt dostal do dluhů a skončil v bankrotu. Přesto lze Cahillův vynález považovat za krok k elektronické hudbě, který předznamenal budoucí vývoj syntezátorů a elektronických nástrojů.¹⁰

První elektronické hudební nástroje se sice objevily již na konci 19. století, avšak mezi první široce rozšířené syntezátory, tedy elektronické hudební nástroje schopné generovat syntetické zvuky, patří především Theremin a Ondes Martenot. Tyto se díky svému jedinečnému zvuku skvěle hodily pro dramatické scény, a proto se často využívaly ve filmových hudebních doprovodech ve 20. a 30. letech 20. století.¹¹

Ve 20. letech 20. století byly vyvinuty základní technologie pro elektronickou hudbu, včetně zesilovačů, filtrů, reproduktorů a generátorů různých typů zvukových vln, které umožnily detailnější manipulaci se zvukem. Spojení technologie s hudbou zásadně proměnilo způsoby tvorby, nahrávání i distribuce hudby. To otevřelo široké možnosti experimentování a umožnilo jednotlivcům aktivně se zapojit do nových forem hudebního vyjádření.¹²

¹⁰ STUBBS, David. *The World's First Synthesizer Was a 200-Ton Behemoth*. Smithsonian Magazine, 2018. [online]. Dostupné z: <https://www.smithsonianmag.com/innovation/worlds-first-synthesizer-was-200-ton-behemoth-180970828/>

¹¹ ROTHSTEIN, Joseph. *Midi: A Comprehensive Introduction*. The Computer Music & Digital Audio Series. Madison, Wis: A-R Editions, 1992. ISBN 9780895792587, s. 9.

¹² KETTLEWELL, Ben. *Electronic music pioneers*. Paperback. Vallejo, CA: ProMusic Press, 2002. ISBN 978-1931140171, s. 36.

Na práci Thaddeuse Cahilla navázal Laurens Hammond, který svým vynálezem Hammondových varhan přinesl průlomové inovace v oblasti zvukové syntézy. Jeho záměrem bylo najít levnější alternativu pro kostelní píšťalové varhany. Hammondovy varhany využívaly k tvorbě zvukové barvy aditivní syntézu, přičemž výsledné tóny vznikaly skládáním přibližně sinusových vln. Tyto vlny byly produkovány rotujícími ozubenými koly, jejichž profil byl navržen tak, aby generoval signál požadovaného průběhu. Poměry jednotlivých vln se nastavovaly posuvnými táhly, umístěnými nejčastěji nad klaviaturami.¹³

Ve 30. letech vzniklo Trautonium německého konstruktéra Friedricha Trautweina, který využíval rezonanční filtry pro zvýraznění specifických harmonických oblastí označovaných jako formanty.

V roce 1937 vytvořil Harald Bode tzv. Warbo Formant organ, který představoval další zásadní vývoj. Warbo Formant organ umožňoval komplexnější filtraci zvuku. Disponoval dvěma sadami filtrů a čtyřhlasou klaviaturou, kde například hlasy 1 a 3 mohly být přiřazeny k prvnímu filtru a hlasy 2 a 4 ke druhému filtru. Nastavením vzájemně se doplňujících filtrů bylo možné vytvořit nové barvy tónů, které byly velmi příjemné pro poslech. Na konci 30. let byl představen Hammond Novachord, jenž rovněž používal formantové filtry a obálkové generátory pro napodobení zvuku smyčcových a dechových nástrojů.

V téže době vznikly nástroje jako Electrochord a Miessner piano, které demonstrovaly, jak lze výrazně ovlivnit barvu tónu změnou umístění snímačů podél strun. Tento princip se stal základem pro vývoj elektrické kytary, přičemž Les Paul již v roce 1927 experimentoval s pevnou konstrukcí těla kytary, což vedlo k výrobě Gibsonovy elektrické kytary v roce 1941.

Další pokrok v této oblasti přinesla práce Homera Dudleyho na voderu a vocoderu koncem 30. let. Tyto technologie analyzovaly lidský hlas a syntetizovaly jeho znovuvytvoření pomocí filtračních pásem a řízených oscilátorů, což se později stalo stěžejním prvkem v digitálním zpracování zvuku.

Ve 40. a 50. letech se objevily nové metody modifikace zvuku, například variabilní zpožďovací linky v Hammondových varhanách, které vedly k vývoji fázových efektů.

¹³ *Hammondovy varhany*. Wikipedie, otevřená encyklopedie, rev. 28. 2. 2024. [online]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Hammondovy_varhany

Významným nástrojem byl také Bode Melochord, který umožňoval řízené změny obálky zvuku, vibrata a formantových filtrů. Tento nástroj byl využíván například ve studiu Karlheinze Stockhausena a byl jedním z prvních modulárních syntezátorových systémů.

Toto období tedy položilo základy pro moderní elektronickou hudbu a vývoj syntezátorů, které se v následujících dekadách dále rozvíjely.

Jedním z nejkompexnějších nástrojů své doby, který kombinoval různé metody generování tónů a modifikace zvuku, byl RCA syntetizér, který vznikl pod vedením Harryho F. Olsona a byl poprvé představen v roce 1955. RCA syntetizér byl řízen předem naprogramovanými děrnými štítky a nabízel řadu pokročilých funkcí, jako například digitálně řízené filtry, řízení obálek tónů, digitální kontrolu výšky tónu a tvaru vlny, generování náhodného šumu či frekvenční a amplitudovou modulaci.¹⁴

2.2 První snahy o propojení elektronických hudebních nástrojů

Od poloviny 50. let, kdy se objevil například RCA Synthesizer, se začaly objevovat pokusy o propojení elektronických hudebních nástrojů mezi sebou a také s počítači. Tyto snahy měly dva hlavní cíle. Prvním bylo umožnit, aby nástroje sdílely informace o hráčově ovládání a společně produkovaly větší množství zvukových barev znějících současně. Druhým cílem bylo napojit nástroje na počítače, které by poskytovaly rozšířené možnosti, jako je automatizované ovládání nebo dálkové řízení nástrojů, záznam a úprava ovládacích dat v reálném i nereálném čase, jejich přehrávání a případně i převod do standardního notového zápisu s možností tisku.¹⁵

Rané syntezátory byly monofonní zařízení, která vyžadovala manuální propojení různých modulů k vytvoření zvuků. Postupem času se tato zařízení vyvinula v polyfonní a programovatelné syntezátory.¹⁶

¹⁴ *History of Electronic Sound Modification*. North Tonawanda, NY, USA: Bode Sound Co., 1984, s. 730-732. [online]. Dostupné z: <https://archive.org/details/ETC0174>

¹⁵ FORRÓ, Daniel. *Svět MIDI: Úplný popis MIDI standardů – pre – a post-MIDI systémy – MIDI praxe*. Musitronika. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-412-6.

¹⁶ GUERIN, Robert. *MIDI Power!: The Comprehensive Guide*. 2nd Edition. Boston: Cengage Learning PTR, 2005. ISBN 978-1598630848, s. 2.

Ještě předtím, než hudební inovace 60. a 70. let zásadně ovlivnily hudební scénu, se vědci a technici více než století zabývali možnostmi tvorby zvuku pomocí elektroniky. Objevy a vynálezy postupně vedly k vytvoření prvního komerčního syntezátoru v roce 1964 a významně ovlivnily vývoj hudby ve 20. století.¹⁷

Digitální komunikační systémy, jejichž vývoj se testoval již od konce 60. let, měly mnohem zásadnější dopad. Zpočátku se experimentovalo s různými paralelními systémy propojení mezi nástroji, avšak jejich širokému přijetí bránila vysoká nákladnost hardwaru.¹⁸

V roce 1963 se objevila první generace syntetizérů (známá jako analogová) která fungovala na principu napětěového řízení (CV/Trig). Tento standard umožnil vzájemné propojení analogových nástrojů. Již od počátku této technologie byl důležitou součástí syntetizérů analogový sekvencer, jenž prostřednictvím CV/Trig signálů zajišťoval dálkové ovládání analogové syntézy a umožňoval automatizaci hudební interpretace. Později se objevily i analogově-digitální sekvencery, avšak všechny tyto nástroje byly poměrně jednoduché a nenabízely výrazné možnosti pro kreativní hudební tvorbu. Byly schopny vytvářet jen jednoduché, opakující se jednohlasé hudební motivy (sekvence, podle nichž získal sekvencer svůj název), přičemž propojením několika sekvencerů bylo možné dosáhnout omezené polyfonie. I přes tato omezení se analogové sekvencery hojně využívaly.¹⁹

Na konci 70. let dominovaly trhu se syntezátory společnosti jako ARP, Fairlight, Moog, Oberheim, Roland, Sequential Circuits, Synclavier a Yamaha. Významnou inovací té doby bylo uvedení modelu Prophet 5 v roce 1979 společností Sequential Circuits. Tento nástroj nabízel polyfonii a programovatelnost, díky čemuž se stal velmi žádaným, i když jeho cena činila 5 000 dolarů.²⁰

¹⁷ KETTLEWELL, Ben. *Electronic music pioneers*. Paperback. Vallejo, CA: ProMusic Press, 2002. ISBN 978-1931140171.

¹⁸ FORRÓ, Daniel. *MIDI: Komunikace v hudbě*. Musitronika. Praha: Grada, 1993. ISBN 80-85623-56-0.

¹⁹ FORRÓ, Daniel. *Svět MIDI: Úplný popis MIDI standardů – pre – a post-MIDI systémy – MIDI praxe*. Musitronika. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-412-6.

²⁰ GUERIN, Robert. *MIDI Power!: The Comprehensive Guide*. 2nd Edition. Boston: Cengage Learning PTR, 2005. ISBN 978-1598630848, s. 2.

2.3 Potřeba standardizace propojení elektronických hudebních nástrojů

V 80. letech však technologický pokrok a nové možnosti umožnily vznik systémů, které byly výrazně méně náročné na hardware. Tento pokrok byl možný díky zkušenostem získaným z využívání standardních sériových rozhraní používaných v počítačích, jako například RS-232. Klíčovou úlohu přitom sehrály mikroprocesory, které se již běžně nacházely ve všech digitálních a hybridních hudebních nástrojích. Jedním z nejdůležitějších předchůdců systému MIDI byl DCB (Digital Control/Connection/Communication Bus) vyvinutý společností Roland, který dokázal přenášet informace o stisku a uvolnění kláves, změně rejstříku a některých dalších parametrech. Tento systém však nebyl přijat jinými výrobci.²¹

Před příchodem MIDI představovalo propojení zvuků ze syntezátorů od různých výrobců značný problém. Hudebníci, kteří chtěli používat dva syntezátory současně, museli na oba hrát ručně, což bylo nepraktické a neefektivní. Alternativou bylo spoléhat se na syntezátory od jednoho výrobce, které bylo možné propojit pomocí proprietárních protokolů nebo sekvencí vyvinutých touto značkou. Tyto proprietární systémy však postrádaly interoperabilitu a všestrannost.

Analogové hardwarové sekvencery vyvinuté v tomto období nabízely určité řešení, ale měly významná omezení. Tyto sekvencery umožňovaly uživatelům nahrávat a spouštět melodické linky, avšak byly omezeny na metodiku krokového nahrávání. Noty musely být zadávány po jedné, přičemž bylo třeba zvolit délku trvání a postupně se posouvat. Ačkoli tato metoda byla funkční, poskytovala omezenou flexibilitu a možnosti editace. Současné sekvencery v bubenicích automatech často zachovávají prvky tohoto krokového přístupu, ale jejich využití zůstává ve srovnání s moderními alternativami omezené.²²

Existuje několik příkladů komunikačních systémů, které byly zaváděny různými firmami v 80. letech. Společnost Digital Keyboards implementovala standardní rozhraní RS-232 a IEEE-488 v nástroji Synergy. Oberheim se rozhodl využít mikroprocesor Zilog Z-80 jako základ svého systému. Sequential Circuits Inc. zavedla vysokorychlostní sériovou sběrnici s přenosovou rychlostí 600 kBaud. Yamaha na některých svých nástrojích z počátku 80. let,

²¹ FORRÓ, Daniel. *MIDI: Komunikace v hudbě*. Musitronika. Praha: Grada, 1993. ISBN 80-85623-56-0.

²² GUERIN, Robert. *MIDI Power!: The Comprehensive Guide*. 2nd Edition. Boston: Cengage Learning PTR, 2005. ISBN 978-1598630848, s.2.

jako byly modely SK-30 a CS-70M, použila konektor nazvaný Key Code Output, který umožňoval polyfonní dálkové řízení. Firma Octave Plateau vybavila nástroje CAT a Voyetra-8 sběrnici známou jako Digital Keyboard Output. Nástroj Chroma od firmy Rhodes obsahoval počítačové rozhraní, zatímco Roland vyvinul systém DCB.

Žádný z těchto systémů nevyšel za hranice jednotlivých firem a objevil se pouze na několika nástrojích, což zabránilo jejich přijetí jako průmyslového standardu. Přesto však slouží jako důkaz, že doba byla připravená na vznik takového komunikačního systému.²³

2.4 Vznik MIDI jako standardu

V červnu 1981 se na výstavě NAMM (National Association of Music Merchants) v Anaheimu, USA, sešli významní představitelé hudebního průmyslu, včetně prezidentů amerických firem SCI (Dave Smith, jehož firma již dnes neexistuje), Oberheim (Tom Oberheim, nyní součástí koncernu ECC), a japonské firmy Roland (Ikutaro Kakehashi, který se později vrátil k výzkumné činnosti). Hlavním tématem jejich jednání byly předběžné návrhy na vytvoření univerzálního rozhraní pro hudební nástroje. Do této iniciativy se později zapojily i další významné japonské společnosti, jako Yamaha, Korg a Kawai. Tím byla zajištěna široká paleta námětů a vznikla naděje, že několik významných firem dospěje k kompromisnímu řešení, které bude vyhovovat všem.²⁴

V říjnu 1981 představili Dave Smith a Chet Wood na konferenci AES v New Yorku svůj první komplexní návrh, který dostal název USI (Universal Synthesizer Interface). Tento návrh však nezískal žádnou výraznou pozornost. Smith se následně rozhodl sbírat zpětnou vazbu a další návrhy od různých výrobců.

V lednu 1982 se na další výstavě NAMM sešli zástupci mnoha firem, kde byly provedeny další úpravy a vylepšení návrhu. K iniciativě se připojilo 15 amerických a japonských společností a koncept budoucího rozhraní začal nabírat konkrétní podobu. Společnost Roland navrhla název MIDI a mezi firmami byl dosažen konsenzus, což bylo považováno za značný úspěch (vzhledem k tomu, že taková shoda byla revolučním krokem). Již v lednu

²³ GUERIN, Robert. *MIDI Power!: The Comprehensive Guide*. 2nd Edition. Boston: Cengage Learning PTR, 2005. ISBN 978-1598630848, s.2.

²⁴ Ibid.

1983 byly na trh uvedeny první midizované syntetizátory SCI Prophet 600 a Roland Jupiter JP-6, které podle očekávání fungovaly ve vzájemném propojení, přijímající pouze signály pro zapnutí a vypnutí not (<Note On/Off>).²⁵

První finální verze MIDI standardu byla výrobcům představena ve formě dokumentu MIDI 1.0 Specification, datovaného k 5. srpnu 1983, který měl 15 stran. Podle Forróa „*brzy poté vypukla midimánie*.“

Standard MIDI nebyl v některých specifických aspektech dostatečně jasný, což vedlo k různým interpretacím ze strany výrobců. Každá firma se snažila přizpůsobit standard svým komerčním zájmům a ve spěchu vznikly závažné chyby a problémy s kompatibilitou. Aby se tyto problémy vyřešily, byly v roce 1984 založeny normativní orgány, které převzaly zodpovědnost za správu a rozvoj standardu MIDI, konkrétně MMA (Musical MIDI Accompaniment) a JMSC (Japan MIDI Standards Committee). Dnes má MMA více než 140 členů, mezi nimiž jsou nejen výrobci hudební elektroniky a audiotechniky, ale také společnosti z oblasti multimediálních produktů, světelných a scénických technologií, počítačů, jejich příslušenství a hudebního software.²⁶

Do roku 1985 bylo možné MIDI rozhraní připojit k počítačům, jako byly Commodore 64, Apple II a IBM PC. Jeden z modelů, Atari 512, měl dokonce MIDI port zabudovaný přímo v sobě. O rok později, v roce 1986, představila společnost Apple oblíbený Macintosh Plus, který si hudebníci rychle osvojili díky jeho grafickému uživatelskému rozhraní. S rostoucí podporou MIDI se na trhu objevovalo stále více softwarových sekvencerů od firem jako Steinberg Research GmbH (dnes Steinberg Media Technologies AG), Twelve Tone Systems (dnes Cakewalk), C-Lab (později Emagic), Hybrid Arts a dalších. Pro hudebníky to znamenalo velkou výhodu, protože software byl mnohem flexibilnější než hardwarové sekvencery od Rolanda a nabízel přehlednější vizuální prostředí.

Roland se v té době soustředil na jiné projekty a nemohl se již věnovat šíření aktualizací MIDI specifikací ke všem výrobcům, kteří tento standard podporovali. Výrobci se proto rozhodli založit nezávislou organizaci, která by tuto funkci převzala. Tak vznikla asociace MIDI Manufacturer's Association (MMA), na kterou se od té doby výrobci spoléhali při

²⁵ FORRÓ, Daniel. *MIDI: Komunikace v hudbě*. Musitronika. Praha: Grada, 1993. ISBN 80-85623-56-0.

²⁶ Ibid.

získávání nejnovějších informací o standardech potřebných pro vývoj jejich hardwaru a softwaru.²⁷

Navzdory rozmachu MIDI v hudební produkci stále chyběl standardizovaný způsob ukládání a sdílení MIDI dat mezi různými softwarovými sekvencery. Každý výrobce používal svůj vlastní proprietární formát, což znemožňovalo výměnu souborů mezi jednotlivými aplikacemi. Průlom nastal díky společnosti Opcode, která vyvinula pro uživatele počítačů Macintosh systém OMS (Open Music System). Tento software se stal klíčovým pro organizaci MIDI dat a zjednodušil komunikaci mezi různými zařízeními. Společnost Opcode následně poskytla specifikaci formátu MIDI souborů organizaci MMA, čímž umožnila vznik univerzálního MIDI formátu, který se stal kompatibilním napříč různými sekvencery.

Dalším důležitým krokem v rozvoji MIDI bylo zavedení protokolu MTC (MIDI Time Code), který uvedla na trh společnost Digidesign. Tento protokol umožnil přesnou synchronizaci MIDI zařízení nejen mezi sebou, ale i s dalšími technologiemi využívajícími SMPTE kód (Society of Motion Picture and Television Engineers). Před jeho zavedením se synchronizace řešila pomocí metody FSK (Frequency Shift Key), která byla určena především pro synchronizaci s magnetofonovým záznamem a neumožňovala univerzální propojení mezi různými zařízeními či softwary.

Postupem času se správa MIDI standardu dále vyvíjela díky spolupráci organizace MMA s japonskou asociací AMEI (Association of Music Electronics Industries), která byla založena v roce 1996 a sdružovala přední japonské výrobce hudební elektroniky. Technická rada MMA postupně definovala nové standardy a doporučené postupy, čímž rozšířila využití MIDI i mimo oblast hudební produkce. Významnými milníky se staly protokol MMC (MIDI Machine Control) umožňující ovládání nahrávacích zařízení, MSC (MIDI Show Control) využívaný při řízení scénického osvětlení a efektů nebo zavedení General MIDI a SMF (Standard MIDI Files), které standardizovaly zvukovou kompatibilitu mezi různými

²⁷ GUERIN, Robert. *MIDI Power!: The Comprehensive Guide*. 2nd Edition. Boston: Cengage Learning PTR, 2005. ISBN 978-1598630848, s. 4.

systémy. Další rozšíření přinesly technologie DLS (Downloadable Sounds) a XMF (Extensible Music Format), které umožnily lepší správu a distribuci zvukových bank.²⁸

Po téměř čtyřiceti letech od vzniku původní MIDI specifikace bylo zřejmé, že její koncepce byla natolik dobře navržena, že i přes technologický pokrok zůstala relevantní. MIDI se stalo nepostradatelnou součástí hudební produkce, živého vystupování i nahrávání a našlo využití nejen v hudbě, ale i v dalších oblastech, jako je například řízení scénického osvětlení.

Přestože MIDI 1.0 představovalo revoluci v propojení elektronických hudebních nástrojů, jeho původní architektura měla určité limity. Proto v roce 2020 vznikl standard MIDI 2.0, který přináší významná vylepšení, a zároveň zajišťuje zpětnou kompatibilitu se starším MIDI 1.0 hardwarem i softwarem. Jednou z hlavních změn je možnost obousměrné komunikace mezi zařízeními, což umožňuje jejich automatickou konfiguraci a vzájemné sdílení informací. Díky tomu se MIDI mění z jednostranného přenosu dat na dynamický dialog mezi přístroji.

MIDI 2.0 rovněž přináší vyšší rozlišení a rozšířené ovládací možnosti – namísto omezeného množství parametrů, které bylo možné ovládat v MIDI 1.0, nová specifikace umožňuje více než 32 000 různých kontrolérů, včetně detailního řízení jednotlivých not. 32bitové rozlišení poskytuje plynulejší a přirozenější odezvu, což muzikantům umožňuje jemnější a expresivnější hru. Výrazně byla také vylepšena synchronizace a časování, což má pozitivní dopad i na starší MIDI 1.0 zařízení, jež mohou některé nové funkce dodatečně využívat.

Další inovací je systém profilů, který umožňuje dynamickou konfiguraci zařízení podle konkrétního použití. Například ovládací rozhraní se může automaticky přizpůsobit pro práci s mixážním pultem, syntezátorem nebo světelnou technikou, čímž odpadá zdlouhavé ruční nastavování. Vedle toho technologie Property Exchange umožňuje zařízení sdílet podrobné informace o svých vlastnostech, například o uložených presetech nebo dostupných parametrech, a tím přibližuje hardwarové nástroje k úrovni flexibility a uživatelského komfortu, jaký nabízejí softwarové aplikace.

²⁸ GUERIN, Robert. *MIDI Power!: The Comprehensive Guide*. 2nd Edition. Boston: Cengage Learning PTR, 2005. ISBN 978-1598630848, s. 4-5.

Velkou výhodou MIDI 2.0 je také jeho univerzální struktura, která umožňuje implementaci na různých digitálních platformách, jako jsou USB či Ethernet. Specifikace rovněž počítá s budoucím rozvojem a obsahuje rezervovaný prostor pro nové zprávy, které mohou reagovat na dosud neznámé technologické výzvy.

Vývoj a správa standardu MIDI nadále probíhá pod vedením organizace MIDI Manufacturers Association ve spolupráci s japonskou asociací AMEI (Association of Music Electronics Industries), která se stará o standardizaci MIDI v Japonsku. Díky těmto institucím zůstává MIDI živým a neustále se vyvíjejícím systémem, který nachází uplatnění nejen v hudební tvorbě, ale i v dalších oblastech multimediální produkce.²⁹

²⁹ *MIDI 2.0: Full MIDI 2.0 specifications from the MMA*. Rast Sound. [online]. Dostupné z: <https://rastsound.com/midi-2-0/>

3 MIDI nástroj a hudební data

MIDI nástroj funguje na podobném principu jako tradiční hudební nástroj, ale jeho způsob generování zvuku se zásadně liší. Příkladem může být MIDI klávesnice, která v elektronické hudbě zastává stejnou roli jako běžný klávesový nástroj. Hudebník hraje tak, že stiskne klávesu, stejně jako by to udělal pianista na klavíru. Pohyb je stejný, výsledek také – aktivuje se nota.

Přestože způsob aktivace noty je totožný, samotné vytváření zvuku probíhá odlišně. U klavíru stisk klávesy spustí mechanismus, který uvede do pohybu kladívko, jež udeří do struny. Vibrace této struny pak vytváří slyšitelný tón.

V případě MIDI klávesnice se však místo mechanického systému aktivuje elektronický spínač. Tento signál zaznamená mikroprocesor – malý čip, který rozpozná, že klávesa byla stisknuta, a odešle tuto informaci do zvukového modulu klávesnice. Tento modul, nebo externí syntezátor, pak na základě přijatých MIDI dat vygeneruje odpovídající zvuk.

Pro záznam a úpravu těchto dat slouží MIDI sekvencer, který umožňuje nejen jejich přehrávání, ale i detailní manipulaci s hudebními informacemi, jež generují různé MIDI nástroje.³⁰

3.1 MIDI sekvencer

MIDI sekvencer je významným zařízením v MIDI systému, který slouží k zaznamenávání a přehrávání MIDI informací. Dnes je nejběžnějším způsobem jeho využití software pro počítače, což je způsobeno snadnou ovladatelností a širokou nabídkou funkcí. Pro porovnání, tradiční audio nahrávací zařízení zaznamenávají skutečný zvuk, zatímco MIDI sekvencer ukládá pouze data o stisknutých klávesách, tedy o tom, které klávesy byly stisknuty a v jakém čase. Při přehrávání sekvencer odesílá tyto informace zvukovému generátoru, který reprodukuje původní výkon.

MIDI sekvencery mají oproti tradičním audio nahrávkám velkou výhodu – ukládají data o notách, která je možné kdykoliv upravit. V případě chyby stačí upravit konkrétní noty, což je mnohem jednodušší než opětovně nahrávat celou skladbu. Navíc sekvencery umožňují

³⁰ SCHMITZ, Reinhard. *MIDI (Quick Start)*. Paperback. Bremen, Germany: Wizoo Publishing, 2001. ISBN 978-0825619090.

zobrazit hudební informace v různých přehledných formátech, ať už jako seznam, notový zápis nebo graficky.

Obvyklým způsobem zobrazení je tzv. klavírní mřížka (Piano Roll), kde jsou noty zobrazeny jako pruhy na mřížce s taktováním a s přiřazenými výškami not k zobrazené klaviatuře. Změna noty se provádí snadno přetažením příslušného pruhu na nové místo, což je mnohem efektivnější než opětovné nahrávání skladby.

Výhody používání MIDI sekvenceru se ukazují i v dalších funkcích, které tento nástroj nabízí, jako například transponování skladby, změna tempa, automatické opravy nepřesně zahranych not (kvantizace), nahrazení zvuku nástroje nebo kopírování částí skladby. Díky těmto funkcím dává MIDI sekvencer plnou kontrolu nad hudební produkcí a stává se nezastupitelným nástrojem při nahrávání a úpravách hudby.

Pro efektivní práci s daty je nezbytné pochopit jejich povahu a způsob organizace, což nás přivádí k pojmu hudební data, která v digitálním prostředí představují binární informace sloužící ke zpracování a přenosu hudebních informací mezi různými zařízeními.³¹

3.2 Hudební data

V digitálním kontextu jsou data definována jako strukturované informace, které mohou být zpracovávány výpočetními systémy. V oblasti hudební technologie pak hudební data představují specifický typ těchto informací, tedy údaje o hudebních prvcích, jako jsou tóny, rytmy, dynamika nebo struktura skladeb, které jsou reprezentovány v digitální podobě.

Hudební data nemusejí mít vždy zvukovou formu. Mohou být například zakódována jako notový zápis v hudebním softwaru, jako sekvence MIDI příkazů nebo jako digitální záznam zvuku (např. soubor ve formátu WAV nebo MP3). Tato data lze převádět do slyšitelné podoby pomocí přehrávacích nebo interpretačních nástrojů, například prostřednictvím syntetizéru, sampleru nebo digitální audio pracovní stanice (DAW).

Moderní hudební technologie, jako jsou klávesové kontroléry, zvukové moduly, sekvencery nebo počítače s nainstalovaným hudebním softwarem, slouží jako nástroje pro zpracování, transformaci a přenos těchto hudebních dat. Ve své podstatě fungují jako specializované

³¹ SCHMITZ, Reinhard. *MIDI (Quick Start)*. Paperback. Bremen, Germany: Wizoo Publishing, 2001. ISBN 978-0825619090.

výpočetní systémy určené ke generování, úpravě a řízení hudebních informací v digitálním prostředí.³²

³² SCHMITZ, Reinhard. *MIDI (Quick Start)*. Paperback. Bremen, Germany: Wizoo Publishing, 2001. ISBN 978-0825619090., s. 7.

4 Struktura MIDI

MIDI je bezpochyby jedním z nejdůležitějších formátů pro přenos a zpracování digitálních hudebních dat. Strukturu tohoto formátu tvoří tři určující složky, které ukazují, jak MIDI umožňuje práci s těmito daty a jak jednotlivé prvky přispívají k celkovému fungování systému. Těmito složkami jsou

- softwarové řešení MIDI,
- hardwarové rozhraní zahrnující konektory a kabely pro přenos dat,
- formáty pro ukládání a distribuci, jako jsou standardní MIDI soubory (SMF).

Každý z těchto prvků hraje zásadní roli v celkové funkčnosti MIDI, a proto je důležité porozumět jejich vzájemné provázanosti. Díky této kombinaci MIDI umožňuje širokou kompatibilitu, flexibilní použití a efektivní práci s daty.³³

4.1 Softwarové řešení MIDI

MIDI je binární jazyk pro popis hudby, kde každé binární slovo představuje událost hudebního výkonu. Původně byl navržen pro klávesové nástroje, a proto mnoho jeho funkcí vychází z jejich ovládání, například příkazy Note On a Note Off, které jsou ekvivalentem pro stisknutí a puštění klávesy klavíru.

4.1.1 MIDI Příkazy

MIDI využívá širokou škálu příkazů za účelem co nejvěrnějšího přenosu zvuku a jeho vlastností. Každý z těchto příkazů má za cíl co nejpřesněji replikovat specifickou charakteristiku zvuku. Mezi takové příkazy patří například Note On, Note Off, Velocity Sense či Aftertouch.

Note On, Note Off

Pro správnou reprodukci hudby v MIDI systému je nezbytné zachytit okamžik, kdy hráč začne a skončí s hraním tónu. Tento proces je realizován pomocí dvou základních příkazů: zahájení tónu (Note On) a ukončení tónu (Note Off). Příkaz Note On je odeslán, když hráč

³³ GUERIN, Robert. *MIDI Power!: The Comprehensive Guide*. 2nd Edition. Boston: Cengage Learning PTR, 2005. ISBN 978-1598630848, s. 5.

začne hrát tón (například stiskne klávesu na klaviatuře), a příkaz Note Off, když tón skončí (například klávesa je uvolněna).

Každý hudební nástroj vydává zvuk pod kontrolou hráče, který rozhoduje o začátku a konci tónu. Klávesista stiskne klávesu, smyčcový hráč táhne smyčcem, trumpetista fouká – všechny tyto akce lze chápat jako Note On. MIDI zaznamenává informaci o tom, která nota zazněla, jakou měla intenzitu a další parametry pro její reprodukci. Jakmile hráč přestane tón produkovat, vyšle se zpráva Note Off, která zvuk ukončí.³⁴

Stavy Note On a Note Off definují například reakci klaviatury na stisk a uvolnění klávesy. Když je klávesa stisknuta, aktivuje se stav Note On, který trvá, dokud není klávesa uvolněna, čímž dojde k přepnutí na stav Note Off. Každý syntezátor musí tyto stavy správně identifikovat pro všechny klávesy. Při stisknutí klávesy klaviatura generuje zprávu Note On obsahující informaci o výšce tónu a odesílá ji mikroprocesoru, který instruuje zvukové generátory k přehrání odpovídajícího tónu. Po uvolnění klávesy je vyslána zpráva Note Off se stejnou výškou tónu, což signalizuje zvukovým generátorům ukončení přehrávání daného tónu.³⁵

Každá nota má přiřazené číslo, což umožňuje její jednoznačnou identifikaci. Kromě toho MIDI zaznamenává i dynamiku úhozu a tlak na klávesu po jejím stisku. Tyto informace jsou přenášeny v binární podobě spolu s dalšími parametry, například mícháním zvuku nebo nastavením efektů.³⁶

Ovládání délky tónů

Nejjednodušší způsob řízení délky zvuku, respektive doby trvání tónu od jeho začátku do konce, lze snadno realizovat propojením klaviatury s řídicím napětím k VCA a stiskem klávesy pro spuštění a zastavení tónu. Pro ovlivnění délky jednotlivých zvukových vlastností, jako jsou výška tónu, hlasitost a barva zvuku, využívá syntezátor průběhový generátor.

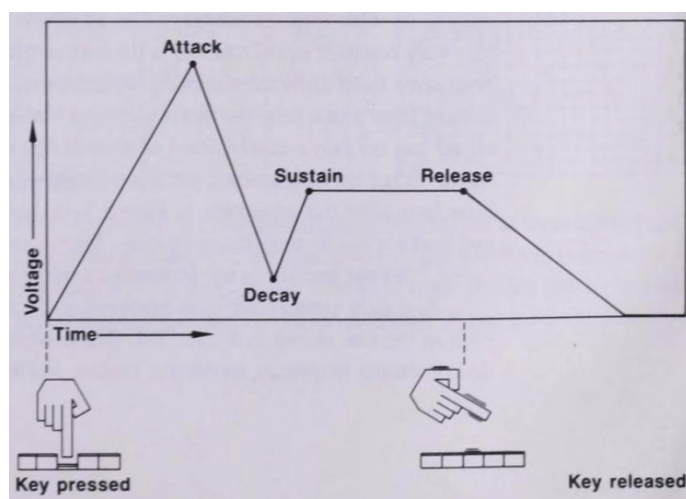
³⁴ GUERIN, Robert. *MIDI Power!: The Comprehensive Guide*. 2nd Edition. Boston: Cengage Learning PTR, 2005. ISBN 978-1598630848, s. 5.

³⁵ BOOM, Michael. *Music through MIDI : using MIDI to create your own electronic music system*. Redmond, Wash.: Microsoft Press, 1987. ISBN 978-1556150265, s. 49.

³⁶ GUERIN, Robert. *MIDI Power!: The Comprehensive Guide*. 2nd Edition. Boston: Cengage Learning PTR, 2005. ISBN 978-1598630848, s. 5.

Průběhový či obálkový generátor (Envelope Generator) je součástí syntezátoru, která vytváří řídicí napětí. Na rozdíl od klaviatury nebo LFO, které obvykle produkují konstantní nebo pravidelně oscilující napětí, generuje průběhový generátor napětí, jež se v průběhu tónu mění nepravidelně. Toto napětí ovlivňuje různé parametry zvuku – pokud řídí VCO, formuje průběh frekvence, pokud ovládá VCA, mění hlasitost, a pokud upravuje mezní (Cutoff) frekvenci filtru, ovlivňuje barvu zvuku.

Průběh obálkového generátoru je typicky rozdělen do čtyř fází, označovaných zkratkou ADSR: náběh (Attack), pokles (Decay), udržení (Sustain) a uvolnění (Release). Po stisku klávesy průběhový generátor generuje napětí, které stoupá od nuly k hodnotě Attack, poté klesá na úroveň Decay a následně se ustálí na úrovni Sustain. Dokud je klávesa držena, napětí zůstává na této úrovni. Jakmile je klávesa uvolněna, napětí klesá na hodnotu Release, která je obvykle nulová.³⁷



Obr. 1 „Křivka průběhu MIDI noty“³⁸

Průběhový generátor je tak důležitým nástrojem pro tvarování zvuků v závislosti na jejich délce.

³⁷ BOOM, Michael. *Music through MIDI : using MIDI to create your own electronic music system*. Redmond, Wash.: Microsoft Press, 1987. ISBN 978-1556150265, s. 43.

³⁸ BOOM, Michael. *Music through MIDI : using MIDI to create your own electronic music system*. Redmond, Wash.: Microsoft Press, 1987. ISBN 978-1556150265, s. 43.

Citlivost na rychlost stisku (Velocity Sense)

Levnější syntezátorové klaviatury obvykle přenášejí pouze základní zprávy Note On a Note Off, což znamená, že tón zazní vždy stejnou hlasitostí bez ohledu na sílu stisku klávesy. Naproti tomu klaviatury s citlivostí na rychlost stisku (Velocity Sense) jsou vybaveny senzory, které měří, jak rychle se klávesa pohybuje při stisku. Tato informace je předána mikroprocesoru, který následně upraví hlasitost tónu podle zjištěné rychlosti stisku.

Většina syntezátorových klaviatur snímá pouze úhozovou rychlost (Attack Velocity), tedy rychlost klávesy v okamžiku stisku. To obvykle postačuje k určení hlasitosti tónu. Některé pokročilé klaviatury však dokáží snímat i rychlost uvolnění klávesy (Release Velocity), což umožňuje mikroprocesoru ovlivnit dozívání tónu a přidat tak jemnější zvukové nuance.

Tato citlivost na rychlost stisku přidává výraznější dynamiku do hry. Jakmile ale hráč začne vyvíjet tlak na klávesy, vstupuje do hry další nuance – dodatečný tlak (Aftertouch).

Dodatečný tlak (Aftertouch)

Na akustickém klavíru není možné ovlivnit tón poté, co byla klávesa stisknuta – struna je udeřena kladívkem a zvuk nelze dále modulovat, pokud klávesu neuvolníme a nestiskneme znovu. Syntezátorové klaviatury však tuto omezenou možnost překonávají pomocí funkce zvané Aftertouch.

Klaviatury s Aftertouch dokáží rozpoznat tlak vyvíjený na klávesu i po jejím stisknutí. Pokud hráč zesílí tlak, klaviatura vyšle tuto informaci mikroprocesoru, který ji může využít k ovlivnění zvukových parametrů, například vibrata nebo hlasitosti. Stejným způsobem lze reagovat i na snížení tlaku. Díky Aftertouch tak hráč získává širší možnosti expresivního ovládání zvuku bez nutnosti opětovného stisku klávesy.

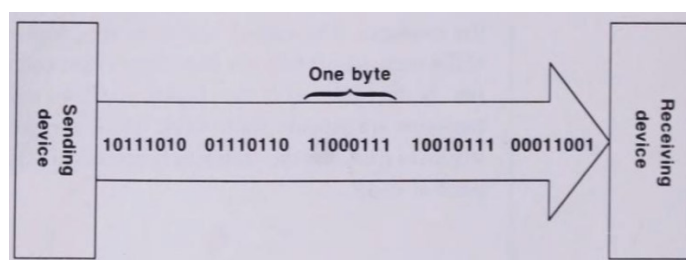
Aftertouch tedy poskytuje širší možnosti pro výrazové ovládání zvuku. Dále bude popsáno, jak je tento zvuk přenášen mezi zařízeními, což je nezbytným prvkem pro fungování celého MIDI systému.³⁹

³⁹ BOOM, Michael. *Music through MIDI : using MIDI to create your own electronic music system*. Redmond, Wash.: Microsoft Press, 1987. ISBN 978-1556150265, s. 49.

4.1.2 Způsob přenosu MIDI dat ze softwarového hlediska

MIDI zařízení si vyměňují data podobně jako kdysi telegrafy při přenosu telegramů. Telegrafista kódoval znaky Morseovou abecedou jako sekvenci teček a čárek, které druhý telegrafista dekódoval a skládal zpět do původní zprávy.

Podobně mikroprocesor v MIDI zařízení posílá data skrze MIDI kabel jako sérii krátkých signálů. Místo teček a čárek využívá napěťové impulzy reprezentující 1 a 0 – tzv. bity (Bits, b). Ty se seskupují do osmičlenných bloků nazývaných bajty (Bytes, B). Každý bajt může nabývat 256 různých hodnot (od 0 do 255) a představovat různé MIDI informace.⁴⁰



Obr. 2 „Přenos bitů a bajtů“⁴¹

Každý bajt MIDI dat se při sériovém přenosu přenáší ve formě desetibitového rámce. Obsahuje osm datových bitů, které doplňuje úvodní Start bit a závěrečný Stop bit. Tyto bity slouží k jednoznačnému vymezení bajtu při komunikaci mezi zařízeními.

MIDI zprávy jsou tvořeny kombinací stavového bajtu (Status Byte) a jednoho či více datových bajtů (Data Bytes). Stavový bajt určuje typ zprávy, například Note On, změna výšky tónu pomocí modulačního kolečka (Pitch Bend Change) nebo ovládání parametrů nástroje (Control Change). Datové bajty pak obsahují konkrétní detaily – například u Note On zprávy první datový bajt určuje výšku tónu (Pitch) a druhý sílu úhozu (Attack Velocity), tedy hlasitost tónu. Některé zprávy obsahují dva datové bajty, jiné jen jeden nebo žádný.⁴²

⁴⁰ BOOM, Michael. *Music through MIDI : using MIDI to create your own electronic music system*. Redmond, Wash.: Microsoft Press, 1987. ISBN 978-1556150265, s. 70.

⁴¹ Ibid.

⁴² Ibid., s. 70-71.

Důvod, proč se MIDI spoléhá na sériový přenos, souvisí s dobou jeho vzniku. Paralelní přenos měl v té době určité nevýhody – byl náročnější na výrobu, což vedlo k vyšším nákladům kvůli složitějším konektorům, kabelům a zásuvkám. Naproti tomu sériový přenos byl jednodušší na hromadnou produkci, což z něj činilo ekonomicky dostupnější řešení pro běžné uživatele. Rychlost přenosu byla v kontextu tehdejších požadavků dostatečná a sériový přenos byl zároveň spolehlivější. Přestože technologický pokrok od té doby přinesl rychlejší a výkonnější přenosové metody, MIDI si zachovalo svůj původní způsob přenosu, aby byla zajištěna zpětná kompatibilita se staršími zařízeními.

Přenosová rychlost MIDI odpovídá 31 250 bps (bitů za sekundu), což se označuje jako Baudová rychlost (Baud Rate). Jelikož MIDI využívá sériový přenos, posílá jednotlivé bity postupně. Každý bajt v MIDI zprávě obsahuje 10 b (8 b tvoří samotná data a 2 b slouží pro kontrolu chyby). To znamená, že MIDI přenese přibližně 3 906 Bps (bajtů za sekundu). Ve srovnání s digitálním zvukem ve formátu CD, který vyžaduje přenosovou rychlost 1 764 000 B za sekundu (tedy 172,3 kbps), se může zdát MIDI pomalejší. Nicméně MIDI nepracuje s tak velkým množstvím dat jako digitální audio, což v praxi znamená, že tato přenosová rychlost je pro většinu hudebních aplikací dostačující. Při této rychlosti je například možné přenést až 500 MIDI not za sekundu. Ačkoli MIDI zprávy putují v sérii namísto paralelně, složitější akordy (souběžně zahrané tóny) budou stále znít jako akord, nikoliv jako samostatné tóny, díky relativně vysoké rychlosti přenosu dat v MIDI kabeláži.⁴⁵

4.1.3 MIDI kanály

Podobně jako v telegrafní síti, kde jedna zpráva může být přijata všemi, MIDI propojené v řetězci (Daisy Chain) posílá zprávy všem zařízením současně. To je vhodné, pokud mají hrát unisono, ale nepraktické, pokud mají fungovat samostatně.

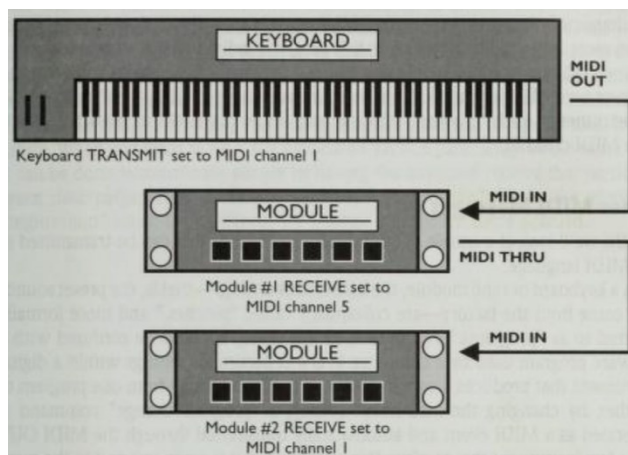
MIDI proto využívá kanály (1–16), které umožňují cílenou komunikaci. Každá zpráva obsahuje číslo kanálu ve stavovém bajtu, a přijímač ji zpracuje jen tehdy, pokud je naladěn na stejný kanál. Systémové zprávy nemají číslo kanálu, takže je přijímají všechna zařízení.

⁴⁵ GUERIN, Robert. *MIDI Power!: The Comprehensive Guide*. 2nd Edition. Boston: Cengage Learning PTR, 2005. ISBN 978-1598630848, s. 6-7.

Tento systém funguje velmi rychle a v praxi se MIDI kanály chovají spíše jako televizní kanály – zařízení „poslouchá“ pouze ten, na který je nastaveno.⁴⁶

MIDI kanály umožňují organizaci a směřování MIDI dat, což usnadňuje vícekanálové nahrávání a tvorbu složitějších skladeb. Každá MIDI událost je přiřazena jednomu ze šestnácti kanálů a zařízení reagují pouze na data určená jejich nastavenému kanálu. Pokud například klávesy vysílají na kanálu 1, ale zvukový modul je nastaven na příjem na kanálu 5, nebude na hraní reagovat. Data však mohou být přeposlána přes MIDI Thru do jiného modulu, který přijímá na kanálu 1, a ten pak zvuk přehraje. Při nahrávání do sekvenceru lze jednotlivé části zaznamenávat na různé kanály a později je přehrát dohromady, což by při živém hraní nebylo možné.

Další důležitou možností při nastavování přijímacího (Receive) kanálu je režim Omni, který umožňuje přijímat data ze všech šestnácti kanálů současně. Tento režim se používá u kláves a zvukových modulů, které dokážou reagovat na různé datové toky na různých kanálech zároveň. Omni režim se často využívá při nahrávání vícevrstvé skladby do sekvenceru. V takovém případě jsou jednotlivé nástrojové zvuky přiřazeny ke konkrétním MIDI kanálům. Díky tomu může jeden nástroj simulovat celý orchestr, kde každý nástroj „hraje“ svou část na vlastním MIDI kanálu.⁴⁷



Obr. 4 „Použití MIDI kanálů s 2 moduly“⁴⁸

⁴⁶ BOOM, Michael. *Music through MIDI : using MIDI to create your own electronic music system*. Redmond, Wash.: Microsoft Press, 1987. ISBN 978-1556150265, s. 72.

⁴⁷ HILL, Brad. *Midi for Musicians: Buying, Installing, and Using Today's Electronic Music-Making Equipment*. Paperback. Chicago: A Cappella Books, 1994. ISBN 978-1556522215, s. 12-14.

⁴⁸ Ibid., s. 13.

Kanály tedy umožňují cílené směřování zpráv, což je určující pro koordinaci různých zařízení. Tato schopnost je nezbytná pro organizaci komplexních hudebních skladeb a nahrávání.⁴⁹

Výše uvedený přehled základních principů MIDI komunikace poskytl nezbytný teoretický rámec pro pochopení fungování MIDI v oblasti softwaru. Druhá část tohoto tématu je věnována hardwaru a propojení MIDI zařízení, přičemž podrobněji představuje fyzická rozhraní a jejich vzájemnou komunikaci.

4.2 Hardwarové rozhraní a propojení

Před nástupem MIDI měl každý elektronický nástroj svůj vlastní komunikační protokol, což znemožňovalo propojení různých zařízení. MIDI tento problém vyřešilo zavedením univerzálního jazyka, který umožňuje digitálním nástrojům vzájemnou komunikaci.⁵⁰

MIDI data se přenášejí prostřednictvím kabelů, konektorů a konektorových zásuvek (portů). Maximální délka kabelu mezi zařízeními je přibližně 15 metrů. S rostoucí délkou kabelu se však signál oslabuje, což může vést k chybám v přenosu dat. Tento jev je běžný u jakýchkoli kabelových přenosových systémů a v případě MIDI může způsobit nečitelnost některých zpráv.⁵¹

MIDI systém umožňuje propojit nástroje do různých konfigurací. Řídící jednotka (Controller), jako je klávesnice nebo sekvencer, generuje MIDI data, zatímco řízené jednotky (Slave Devices), například zvukové moduly, na ně reagují. Některá zařízení mohou být současně řídicí i řízená.

Díky MIDI lze jediným kontrolérem ovládat celé soubory nástrojů, vrstvit zvuky nebo zaznamenávat a přehrávat hudební události pomocí sekvencerů. To umožňuje vytvářet komplexní hudební aranžmá a simulovat orchestr pouze s jedním nástrojem.⁵²

⁴⁹ HILL, Brad. *Midi for Musicians: Buying, Installing, and Using Today's Electronic Music-Making Equipment*. Paperback. Chicago: A Cappella Books, 1994. ISBN 978-1556522215, s. 12-14.

⁵⁰ Ibid., s. 11-12.

⁵¹ GUERIN, Robert. *MIDI Power!: The Comprehensive Guide*. 2nd Edition. Boston: Cengage Learning PTR, 2005. ISBN 978-1598630848, s. 5-7.

⁵² HILL, Brad. *Midi for Musicians: Buying, Installing, and Using Today's Electronic Music-Making Equipment*. Paperback. Chicago: A Cappella Books, 1994. ISBN 978-1556522215, s. 11-12.

MIDI představuje jedinou síťovou technologii integrovanou přímo do hudebních zařízení bez nutnosti dodatečných komponent. U běžných počítačových sítí je zapotřebí zakoupit speciální síťová rozhraní, například LAN, která umožňují vzájemnou komunikaci mezi zařízeními. Oproti tomu MIDI disponuje vlastním integrovaným systémem, který umožňuje přímou komunikaci mezi hudebními nástroji a dalšími kompatibilními zařízeními. Tato standardizace je definována v rámci specifikace MIDI, která stanovuje pravidla pro přenos hudebních dat.

Pro správné propojení MIDI zařízení je nutné použít speciální kabely, známé jako MIDI kabely. Ty se svým vzhledem podobají běžným 5pinovým DIN kabelům používaným v počítačových sítích, avšak jejich vnitřní zapojení se liší. Použití nevhodného kabelu může způsobit chybný přenos dat, což vede k nesprávnému fungování propojených zařízení. Z tohoto důvodu je nutné vždy používat kabely určené výhradně pro MIDI komunikaci, které jsou signifikantní tím, že stejný typ mužského (male) konektoru lze najít na obou koncích vodiče.



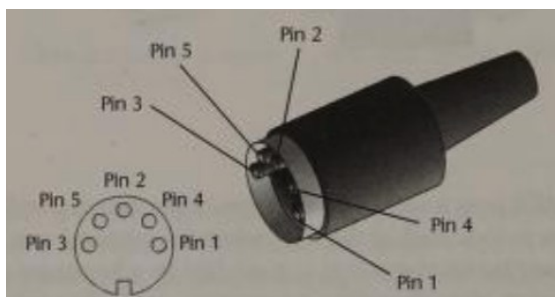
Obr. 5 „Midi kabel“⁵³

Při zapojování MIDI zařízení je nutné dodržovat princip propojení výstupního portu jednoho zařízení se vstupním portem druhého zařízení. Data jsou tedy vždy přenášena směrem z výstupního portu do vstupního portu, a nikoliv naopak. Tento princip umožňuje správné předávání informací mezi jednotlivými komponentami systému. Problematice portů se práce věnuje v kapitole 4.2.1.⁵⁴

⁵³ *MIDI Cable*. Hosatech. [online]. Dostupné z: <https://hosatech.com/products/data/midi-cables-adapters/mid-300/>

⁵⁴ LAWRENCE ALEXANDER, Peter. *How MIDI Works*. Sixth edition. Milwaukee, WI: Hal Leonard, 2001. ISBN 978-0634020834, s. 143-144.

Ačkoliv konektor disponuje hned pěti piny, ne všechny jsou aktivně využívány. Uvedené úzce souvisí s tím, že MIDI přednáší data pomocí sériového přenosového protokolu, a proto je pro přenos MIDI informací aktivně využíván pouze jeden z těchto pinů.⁵⁵

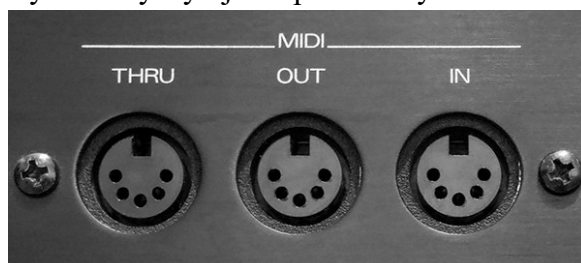


Obr. 6 „MIDI 5-pin DIN kabel“⁵⁶

Funkce jednotlivých pinů v MIDI konektoru lze popsat tak, že pin 1 a pin 3 se v praxi nevyužívají a ve většině MIDI kabelů nejsou ani připojeny k vodiči. Pin 2 slouží jako elektrické stínění (zem), které chrání kabel před rušením z okolí. Skutečný přenos MIDI dat zajišťují pouze dva piny. Pin 4 funguje jako přijímač MIDI informací a pin 5 jako jejich vysílač. Data tak proudí vždy pouze jedním směrem, což je zásadní princip sériové komunikace v rámci MIDI protokolu.⁵⁷

4.2.1 MIDI porty

MIDI zařízení disponují celkem třemi typy portů, z nichž každý plní specifickou roli v komunikaci mezi nástroji. Port MIDI OUT slouží k odesílání událostí generovaných zařízením, zatímco port MIDI IN přijímá data z jiného MIDI zdroje. Třetí typ, MIDI THRU, umožňuje přeposílání přijatých dat z MIDI IN do dalších zařízení v řetězci, čímž usnadňuje propojení více nástrojů a synchronizaci jejich činnosti. Je nicméně důležité poznamenat, že MIDI Thru port se obvykle nevyskytuje na počítačových MIDI rozhraních.



⁵⁵ GUERIN, Robert. *MIDI Power!: The Comprehensive Guide*. 2nd Edition. Boston: Cengage Learning PTR, 2005. ISBN 978-1598630848, s. 8.

⁵⁶ Ibid.

⁵⁷ Ibid.

Místo na hudebním nástroji, kde dochází ke spojení MIDI portu s MIDI kabelem, označujeme jako tzv. MIDI Patch Bay. Pro zajištění kompatibility MIDI portu s MIDI kabelem disponujícím dvěma male konektory, reprezentuje MIDI port jejich ženský protějšek – female konektor. Ačkoliv některé hudební nástroje nemají MIDI porty, většina klávesových nástrojů, pro které bylo MIDI původně navrženo, je standardně obsahuje.

MIDI Out

Tento konektor přenáší MIDI zprávy, které generuje dané zařízení nebo software. Důležité je si uvědomit, že MIDI Out vysílá pouze data pocházející z daného vysílacího (Master) zařízení. Tím může být například klávesový nástroj, zvukový modul, sekvencer nebo jakékoli jiné MIDI zařízení či software, které odesílá MIDI data.

MIDI Out nepřenáší žádný zvuk, ale pouze MIDI zprávy. Tyto zprávy jsou digitální kódy, které obsahují informace o hudebních událostech, například o stisku pedálů, pohybu faderů nebo změně programových čísel na hlavním nástroji.

Obecné pravidlo pro zapojení MIDI říká, že MIDI Out by měl být vždy připojen k MIDI In na jiném zařízení, bez ohledu na konkrétní typ sestavy.⁵⁹

MIDI In

MIDI In představuje protějšek konektoru MIDI Out a slouží jako vstupní port pro MIDI data. Informace, které port MIDI In přijme od svého protějšku jsou následně zpracovány hardwarem nebo softwarem daného zařízení.

MIDI zprávy přenášené MIDI In obsahují pokyny například pro zvukový modul – určují, jaká nota má být zahrána, s jakou dynamikou (Velocity), na jakém kanálu a s jakým zvukem uloženým v paměti. Tyto pokyny spouští syntetizátor, který pak generuje odpovídající zvuk na svých audio výstupech. Důležité je si uvědomit, že zaznamenávaný nebo monitorovaný je zvukový výstup zařízení, nikoli samotný MIDI signál.

⁵⁸ *What is MIDI? All You Should Know About It.* [online]. Dostupné z: <https://nektartech.com/article/blog/all-you-need-to-know-about-midi/>

⁵⁹ GUERIN, Robert. *MIDI Power!: The Comprehensive Guide.* 2nd Edition. Boston: Cengage Learning PTR, 2005. ISBN 978-1598630848, s. 9.

MIDI In může přijímat data buď přímo z MIDI Out předchozího zařízení (pokud se jedná o hlavní, tzv. Master modul v řetězci), nebo z MIDI Thru, pokud je předchozí modul pouze prostředníkem a přeposílá data od jiného hlavního zařízení.⁶⁰

MIDI Thru

MIDI Thru funguje jako reproduktor signálu přijatého na MIDI In. To znamená, že jakákoli data přijatá přes MIDI In jsou v nezměněné podobě odeslána dále skrz MIDI Thru, nikoli MIDI Out.

Důležité je, že MIDI Thru nepřenáší vlastní MIDI data daného zařízení, ale pouze data přijatá z jiného zdroje. Například pokud na syntetizéru A zahrajete noty, tato data budou odeslána přes jeho MIDI Out do syntetizéru B. Pokud má být tento signál přeposlán dál do syntetizéru C, musí se k tomu použít MIDI Thru syntetizéru B. Pokud byste však chtěli poslat MIDI data vytvořená na syntetizéru B do syntetizéru C, museli byste použít MIDI Out syntetizéru B, ne MIDI Thru.⁶¹

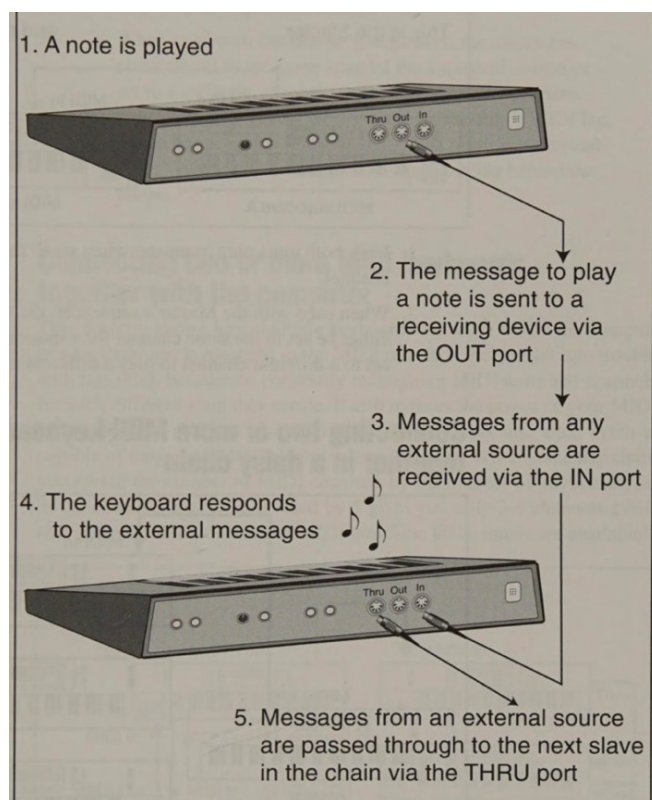
4.2.2 Způsob přenosu MIDI dat z hardwarového hlediska

Přenos dat funguje následovně. Kdykoliv hudebník stiskne klávesu nebo jiný ovládací prvek, vznikne signál, který je okamžitě odeslán do cílového zařízení. Toto zařízení přijatá data dekoduje a provede odpovídající akci – například zahraje příslušný zvuk. V případě složitějšího zapojení, kdy jsou zařízení propojena přes port MIDI Thru, lze signál předávat dál a rozšířit tak možnosti celého systému.⁶²

⁶⁰ GUERIN, Robert. *MIDI Power!: The Comprehensive Guide*. 2nd Edition. Boston: Cengage Learning PTR, 2005. ISBN 978-1598630848, s. 9-10.

⁶¹ Ibid., s. 10.

⁶² LAWRENCE ALEXANDER, Peter. *How MIDI Works*. Sixth edition. Milwaukee, WI: Hal Leonard, 2001. ISBN 978-0634020834, s. 145.



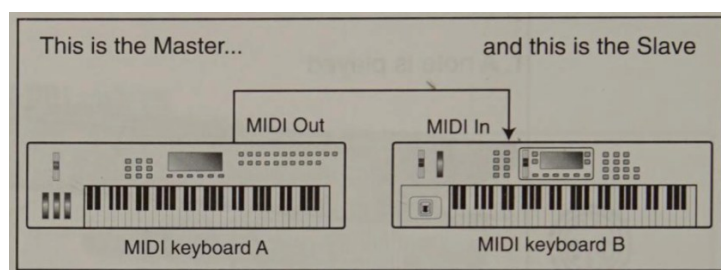
Obr. 8 „Datový tok MIDI“⁶³

Propojení napříč zařízeními

Propojení dvou MIDI zařízení lze realizovat pomocí Master-Slave vztahu. V tomto zapojení je výstupní port hlavního zařízení (Master) připojen ke vstupnímu portu podřízeného zařízení (Slave). Toto propojení umožňuje synchronizovanou hru obou zařízení, přičemž obě mohou pracovat na stejném MIDI kanálu a produkovat stejný hudební výstup. Alternativně lze Slave zařízení nastavit na odlišný kanál, což umožňuje rozdělení hudebních partů mezi jednotlivé nástroje.⁶⁴

⁶³ LAWRENCE ALEXANDER, Peter. *How MIDI Works*. Sixth edition. Milwaukee, WI: Hal Leonard, 2001. ISBN 978-0634020834, s. 145.

⁶⁴ Ibid., s. 146.



Obr. 9 „Master-slave systém“⁶⁵

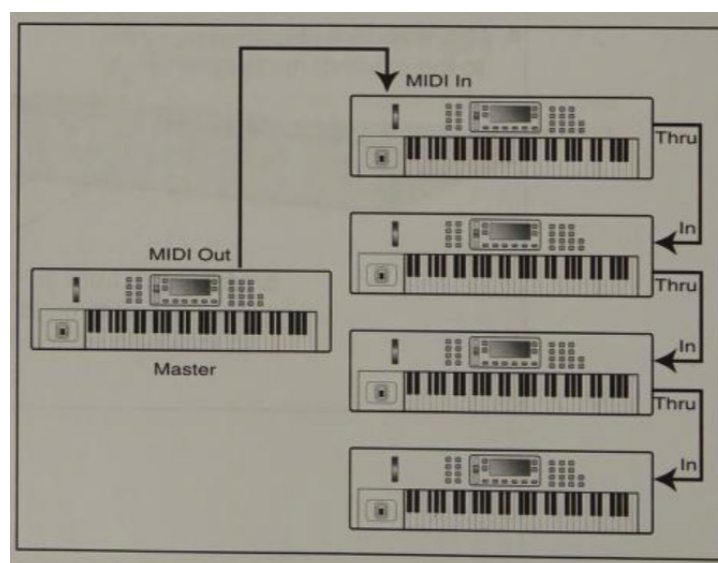
Tento základní model propojení je však omezen na dvě zařízení. V praxi často vzniká potřeba zapojit více nástrojů do jednoho systému, což vede k použití složitějších metod propojení, například Daisy chain.

Daisy chain zapojení umožňuje připojit více MIDI zařízení do série, přičemž se řídí stejnými principy jako základní Master-Slave systém. Signál se přenáší z jednoho zařízení na druhé prostřednictvím MIDI Thru portu, což umožňuje vytvoření rozsáhlejšího řetězce nástrojů. Pokud jsou všechna zařízení nastavena na stejný MIDI kanál, budou produkovat stejný hudební výstup. Naopak při přiřazení různých kanálů může každé zařízení plnit specifickou hudební roli, jak již bylo vysvětleno výše.

Tento způsob propojení však přináší určitá omezení. Jelikož data postupně procházejí jednotlivými zařízeními, může dojít k zpoždění signálu (MIDI Lags), které se s délkou řetězce zvyšuje. To může mít negativní dopad na synchronizaci nástrojů, zejména v komplexních hudebních aranžmá. Pro snížení tohoto efektu je vhodné zvážit alternativní metody propojení, například využití MIDI rozbočovačů nebo přímého propojení s počítačem.⁶⁶

⁶⁵ LAWRENCE ALEXANDER, Peter. *How MIDI Works*. Sixth edition. Milwaukee, WI: Hal Leonard, 2001. ISBN 978-0634020834, s. 146.

⁶⁶ Ibid.



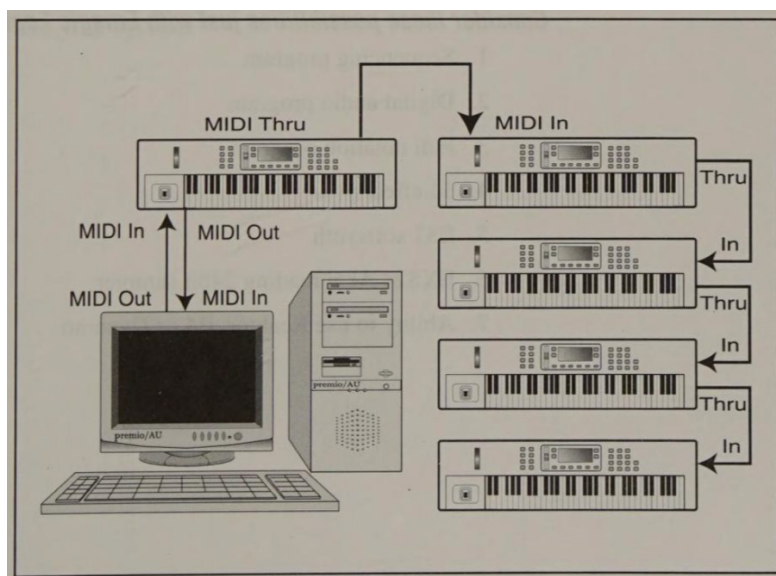
Obr. 10 „Daisy chain“⁶⁷

Propracovanější variantou je připojení MIDI zařízení přímo k počítači, který může sloužit jako centrální řídicí jednotka celého systému. K tomu lze využít různé MIDI rozhraní, například USB-MIDI adaptéry nebo starší joystickové porty. Tento způsob propojení přináší vyšší flexibilitu při práci s MIDI daty, umožňuje snadnější úpravy sekvencí a využití pokročilého softwaru pro zvukovou produkci.

Přímé propojení s počítačem však může vyžadovat složitější konfiguraci. Při použití standardního MIDI rozhraní se MIDI kanály sdílí mezi všechna připojená zařízení, což může být omezující. Například při propojení pěti syntezátorů se celkový počet 16 MIDI kanálů rozdělí mezi všechna zařízení, což v praxi znamená, že každému nástroji zůstane pouze 3–4 kanály. Řešením tohoto problému je použití víceportového MIDI rozhraní, které umožňuje připojení většího množství zařízení a poskytuje až 80 samostatných MIDI kanálů. Díky tomu lze vytvořit rozsáhlé a efektivní MIDI systémy bez nutnosti kompromisů v rozdělení kanálů.⁶⁸

⁶⁷ LAWRENCE ALEXANDER, Peter. *How MIDI Works*. Sixth edition. Milwaukee, WI: Hal Leonard, 2001. ISBN 978-0634020834, s. 146.

⁶⁸ Ibid., s. 146-148.



Obr. 11 „Propojení více MIDI zařízení s počítačem“⁶⁹

4.3 MIDI formát pro ukládání a distribuci

Dalším aspektem MIDI je možnost ukládání těchto dat pro pozdější použití. Právě k tomu slouží soubory. Existuje mnoho různých formátů souborů, které obsahují MIDI data. Například při uložení souboru v programu Cubase (DAW software pro sekvencování) je jeho přípona nastavena specificky pro tento software. To platí i pro další hudební programy, protože každý z nich ukládá nejen samotná MIDI data, ale i další informace potřebné pro práci s daným softwarem. Nicméně i v těchto souborech se MIDI data vždy nacházejí.

Základním způsobem ukládání MIDI je použití formátu SMF (Standard MIDI File). Tento formát obsahuje veškeré informace potřebné k reprodukci MIDI dat a každá událost v něm je opatřena časovým údajem. Tento časový údaj funguje podobně jako adresa na dopisní obálce – pošťák doručuje dopisy na konkrétní adresy ve správném pořadí, stejně tak sekvencer přehrává jednotlivé MIDI události ve správném čase. Nahrávání MIDI do sekvenceru je jedním z nejčastějších způsobů jeho využití.

Velkou výhodou MIDI je jeho kompaktnost. Při nahrávání zvuku ve formátu digitálního audia zabere soubor značné množství místa. MIDI funguje podobně jako databáze – databázové soubory mohou obsahovat odkazy na velké multimediální soubory (video, zvuk,

⁶⁹ LAWRENCE ALEXANDER, Peter. *How MIDI Works*. Sixth edition. Milwaukee, WI: Hal Leonard, 2001. ISBN 978-0634020834, s. 147.

obrázky), přičemž samotné odkazy jsou mnohem menší než skutečná data. Stejně tak MIDI soubory mohou řídit přehrávání zvuků v sampleru či syntezátoru, které obsahují velké množství vzorků, aniž by MIDI soubor musel tyto vzorky obsahovat. Například pokud je zaznamenán čtyřtónový akord, který zní jednu minutu v CD kvalitě, výsledný soubor bude mít přibližně 10 MB. Pokud je stejný akord uložen jako MIDI sekvence, soubor zabere méně než 10 kB.

MIDI data jsou binární a k jejich uložení slouží MIDI soubory. Pokud byste otevřeli MIDI soubor v běžném textovém editoru, viděli byste pouze nesrozumitelné binární kódy. Existují však nástroje pro rozklad a sestavení MIDI souborů, které umožňují jejich editaci na úrovni jednotlivých příkazů. Přesto je pro většinu uživatelů nejjednodušší upravovat MIDI soubory pomocí sekvenceru.⁷⁰

4.3.1 Typy formátu Standard MIDI File

Existují tři základní typy formátu Standard MIDI File. Typ 0 obsahuje pouze jednu skladbu, ve které jsou všechny MIDI kanály sloučeny do jedné stopy. Typ 1 také obsahuje jednu skladbu, ale každý MIDI kanál je uložen ve vlastní stopě. Typ 2 umožňuje uložit více skladeb nebo hudebních vzorců, přičemž každý z nich může mít vlastní nastavení tempa a samostatné stopy pro jednotlivé MIDI kanály.

Při ukládání MIDI sekvencí v hudebním softwaru nejsou soubory automaticky uloženy v některém z těchto tří standardních formátů, pokud to není explicitně nastaveno. Většina hudebních programů ukládá kromě MIDI dat i další informace, které jsou specifické pro daný software. Uložení jako SMF je dobrým způsobem, jak zajistit kompatibilitu mezi různými platformami a programy, protože tento formát podporuje většina vývojářů hudebního softwaru. Kromě toho formát SMF umožňuje ukládat názvy stop (u typů 1 a 2), což usnadňuje orientaci v MIDI sekvenci.⁷¹

Při převodu hudebních dat obsažených v MIDI souborech na zvuk za účelem přehrávání, nebo jejich exportu do zvukového formátu (např. WAV) hrají významnou roli parametry digitalizace zvuku, jako jsou vzorkovací frekvence a bitová hloubka. Tyto faktory určují

⁷⁰ GUERIN, Robert. *MIDI Power!: The Comprehensive Guide*. 2nd Edition. Boston: Cengage Learning PTR, 2005. ISBN 978-1598630848, s. 13-14.

⁷¹ Ibid.

výslednou kvalitu zvuku, a proto jsou zásadní při práci s MIDI ve studiu nebo při přípravě hudby pro další použití.⁷²

⁷² GUERIN, Robert. *MIDI Power!: The Comprehensive Guide*. 2nd Edition. Boston: Cengage Learning PTR, 2005. ISBN 978-1598630848, s. 25.

5 Praktické využití MIDI

MIDI se od svého vzniku v 80. letech rozšířilo do mnoha oblastí, kde slouží nejen jako prostředek pro hudební tvorbu, ale i jako komunikační protokol pro ovládání široké škály zařízení. Tato kapitola představuje různé aplikace MIDI v současné praxi, a to nejen v oblasti hudební produkce, ale také v dalších oblastech, jako jsou zvuková a světelná technika, multimediální produkce, řízení efektových jednotek či automatizace.⁷³

5.1 Hudební produkce a živé vystoupení

Nejrozšířenější oblastí využití MIDI je bez pochyby hudební produkce. MIDI umožňuje komunikaci mezi klaviaturami, syntezátory, samplery a dalšími elektronickými nástroji, čímž poskytuje hudebníkům možnost propojit různá zařízení a ovládat je z jediného kontroléru. V digitálních audio pracovních stanicích (DAW) se MIDI používá k zaznamenávání notových informací, jejich úpravě a následnému odesílání do virtuálních nástrojů. Při živém hraní je MIDI často využíváno ke spouštění zvukových stop, synchronizaci různých zařízení nebo ovládání efektových procesorů v reálném čase.⁷⁴ Praktické využití MIDI v DAW bude demonstrováno v kapitole 7.

5.2 Řízení zvukových efektů a mixování

Další, neméně zajímavou oblastí, ve které najde MIDI své využití, je řízení efektových procesorů a mixážních pultů. Profesionální studiové i živé zvukové systémy umožňují ovládání efektů, jako je dozvuk (Reverb), ozvěna (Delay) nebo sborový efekt (Chorus), prostřednictvím MIDI zpráv. Pomocí MIDI lze například měnit parametry efektů v závislosti na hrané skladbě nebo dynamicky řídit ekvalizaci, což umožňuje preciznější práci se zvukem. Digitální mixážní konzole často využívají MIDI ke vzdálenému řízení hlasitosti jednotlivých stop, vyvážení sterea či automatizaci mixu.⁷⁵

⁷³ ROTHSTEIN, Joseph. *MIDI: A Comprehensive Introduction*. The Computer Music & Digital Audio Series. Madison, Wis: A-R Editions, 1992. ISBN 9780895792587, s. 113-114.

⁷⁴ Ibid.

⁷⁵ GUERIN, Robert. *MIDI Power!: The Comprehensive Guide*. 2nd Edition. Boston: Cengage Learning PTR, 2005. ISBN 978-1598630848, s. 135-137.

5.3 Synchronizace a řízení multimediálních systémů

MIDI hraje zásadní roli i v multimediálních produkcích, kde zajišťuje synchronizaci mezi různými prvky, například zvukem, obrazem a světly. Koncertní show nebo divadelní představení často využívají MIDI ke koordinaci zvukových stop se světelnými efekty a projekcemi. V audiovizuálních aplikacích může MIDI řídit přepínání scén na LED obrazovkách, spuštění kouřových efektů nebo změny osvětlení v závislosti na hudbě.⁷⁶

5.4 Vzdělávání a výuka hudby

Dalším využitím MIDI je hudební vzdělávání. Existují specializované programy a aplikace, které využívají MIDI ke sledování a analýze hry studentů na hudební nástroje. Například klavírní výukové programy zaznamenávají hru studenta a na základě MIDI dat poskytují zpětnou vazbu o správnosti rytmu, dynamiky či artikulace. Vzdělávací software také umožňuje generování notového zápisu v reálném čase, což studentům pomáhá lépe pochopit hudební teorii a notaci.⁷⁷

5.5 MIDI v oblasti domácí automatizace

I mimo oblast hudby a multimédií nachází MIDI využití, například v domácí automatizaci. Některé moderní chytré domácnosti implementují MIDI protokol pro řízení zařízení, jako jsou automatizované závěsy, inteligentní osvětlení nebo dokonce klimatizační systémy. MIDI zprávy mohou být interpretovány jako příkazy pro ovládání těchto systémů, což umožňuje jejich propojení s jinými technologiemi v rámci chytré domácnosti.⁷⁸

5.6 Herní průmysl a interaktivní aplikace

MIDI se uplatňuje i v herním průmyslu, kde je využíváno pro řízení hudebních a zvukových prvků ve videohrách. Herní konzole a software často používají MIDI ke generování dynamické hudby, která se přizpůsobuje herní situaci. Například akční hry mohou využívat

⁷⁶ BOOM, Michael. *Music through MIDI: Using MIDI to Create Your Own Electronic Music System*. Redmond, Wash.: Microsoft Press, 1987. ISBN 978-1556150265, s. 92-94.

⁷⁷ LAWRENCE ALEXANDER, Peter. *How MIDI Works*. Sixth edition. Milwaukee, WI: Hal Leonard, 2001. ISBN 978-0634020834, s. 121-122.

⁷⁸ HILL, Brad. *Midi for Musicians: Buying, Installing, and Using Today's Electronic Music-Making Equipment*. Chicago: A Cappella Books, 1994. ISBN 978-1556522215, s. 158-160.

MIDI k modulaci napětí ve zvukovém podkresu, zatímco hudební hry jako Rock Band nebo Guitar Hero přímo pracují s MIDI daty pro detekci a hodnocení hráčova výkonu.⁷⁹

⁷⁹ JUNGLEIB, Stanley. *General MIDI*. Pap/Dskt Edition. Madison, Wis: A-R Editions, 1995. ISBN 978-0895793102, s. 87-89.

6 Alternativy k MIDI v kontextu soudobých technologických možností

Ačkoli MIDI zůstává jedním z nejpoužívanějších standardů pro přenos hudebních dat, existují i alternativní technologie, které mohou nabídnout širší nebo specifické možnosti pro moderní hudební a multimediální produkce. Některé z těchto alternativ se zaměřují na flexibilitu, šířku pásma nebo přenos zvukových dat, které MIDI ve své původní podobě neumožňuje.

6.1 Audio over IP (AoIP)

Jednou z těchto technologií, je technologie zvuk přes IP (Audio over IP, AoIP), která umožňuje přenos zvukových signálů prostřednictvím počítačových sítí, jako je Ethernet. Tento přístup je zvláště populární v profesionálních studiích, živých zvukových systémech a broadcasting, kde je kladeno důraz na širokou šířku pásma a flexibilitu. AoIP využívá standardy jako AES67 nebo Ravenna, které umožňují přenos vysoce kvalitního zvuku v reálném čase s nízkou latencí. Tento způsob přenosu umožňuje snadné rozšiřování systému a propojení různých zařízení na velkých vzdálenostech, což může být obtížné při použití tradičních MIDI kabelů a portů. AoIP je ideální pro profesionální aplikace, kde je kladen důraz na zajištění kvalitního a spolehlivého přenosu zvukových signálů v reálném čase. Technologie AoIP umožňuje efektivní integraci zvukových a video signálů přes IP infrastrukturu, čímž zjednodušuje propojení a správu zařízení ve velkých systémech.⁸⁰

6.2 Open Sound Control (OSC)

Další ze soudobých technologických možností je moderní komunikační protokol navržený pro flexibilní a vysoce přesnou výměnu dat mezi zařízeními v reálném čase – otevřené zvukové řízení (Open Sound Control, OSC). Na rozdíl od MIDI, který je omezen na 16 kanálů a 128 možných hodnot pro různé parametry, OSC nabízí mnohem širší spektrum parametrů a možností. OSC je používán v aplikacích, které vyžadují větší přesnost a flexibilitu, například v oblasti interaktivní hudby, multimediálních aplikací nebo při tvorbě zvukových efektů v reálném čase. OSC může být také použit pro komunikaci mezi počítači, hardwarem, mobilními zařízeními a interaktivními instalacemi, čímž nabízí široké možnosti

⁸⁰ CHURCH, Steve. *Audio over IP: Building AoIP Systems with Livewire*. 1. vyd. Indianapolis: Wiley, 2013. ISBN 978-1118587191.

pro moderní kreativní aplikace. Díky své flexibilitě a podpoře pro širokou škálu parametrů, OSC poskytuje širší možnosti pro vytváření komplexních interakcí a dynamických multimediálních instalací.⁸¹

6.3 Protokoly pro virtuální nástroje a DAW

V rámci digitalizované hudební produkce jsou pro komunikaci mezi virtuálními nástroji a digitální zvukovou pracovní stanicí (Digital Audio Workstation, DAW) častokrát používány proprietární protokoly, které nabízejí větší šířku pásma, více parametrů a lepší synchronizaci než tradiční MIDI. Protokoly jako virtuální studiová technologie (Virtual Studio Technology, VST) nebo audio jednotky (Audio Units, AU) umožňují propojení mezi softwarem a hardwarem na velmi vysoké úrovni. Tyto protokoly nabízejí větší flexibilitu při tvorbě zvukových efektů a virtuálních nástrojů, což je užitečné v případě, kdy MIDI zprávy nejsou dostatečně expresivní nebo rychlé pro složitější procesy. VST a AU poskytují široké možnosti pro tvorbu a manipulaci s virtuálními nástroji, efekty a zvukovými smyčkami, a to i v reálném čase, čímž se stávají nezbytnou součástí moderní hudební produkce.⁸²

6.4 MIDI 2.0 a rozšířené možnosti

Nejnovější verze MIDI protokolu, MIDI 2.0, nabízí řadu vylepšení oproti původnímu MIDI. Tato verze přináší vyšší rozlišení, obousměrnou komunikaci a lepší dynamiku, což umožňuje lepší integraci s moderními zařízeními a softwary. MIDI 2.0 je zpětně kompatibilní s původním MIDI, ale umožňuje přenos mnohem podrobnějších informací o dynamice a expresi ve srovnání s jeho předchůdcem. To znamená, že některé moderní aplikace mohou vyžadovat podporu obou protokolů současně, čímž se zajišťuje širší kompatibilita a lepší možnosti pro kreativní zvukovou tvorbu. MIDI 2.0 se zaměřuje na vylepšení interaktivní expresivity, což umožňuje komplexnější hudební výrazy a nová řešení pro práci s audio a MIDI daty. Tato verze protokolu bude hrát důležitou roli v dalším rozvoji hudební a multimediální produkce.⁸³

⁸¹ *Elektor Magazine* (2009). Open Sound Control. *Elektor Electronics*, 2009, roč. 35, č. 10. ISBN 978-3941714596, s. 29-30.

⁸² THIBAUD, Daniel. *Audio Plugins*. 1. vyd. New York: Routledge, 2015. ISBN 978-1138779279.

⁸³ *MIDI 2.0 Specifications*. 200. [online]. Dostupné z: <https://archive.org>

7 Praktická ukázka použití a analýzy MIDI v DAW

Cílem této části je demonstrovat teoretické poznatky na reálných příkladech, které pokrývají různé oblasti využití MIDI – od studiové tvorby přes živé hraní až po ovládání scénické techniky.

První scénář je zaměřen na studiovou produkci v prostředí digitální audio pracovní stanice (DAW), kde bude ukázáno, jak MIDI funguje při vytváření a modifikaci klavírní skladby pomocí virtuálního nástroje. Pro demonstraci byl zvolen krátký úryvek z Beethovenovy Ódy na radost, který slouží jako základ pro ukázkou jednotlivých MIDI zpráv (Note On, Note Off), práce s obálkami (ADSR), úrovní úhozu (Velocity), dynamickými parametry (Aftertouch, Pitch Bend) a kontrolními zprávami (Control Change). Jako nástroj byl použit VST syntetizér Xfer Serum, který umožňuje detailní zvukový design na základě MIDI vstupu.

Druhý scénář se přesouvá do prostředí živého vystoupení, kde MIDI hraje klíčovou roli při automatizaci zvukových změn během hraní. V ukázce je MIDI stopa v DAW využita k ovládání kytarového procesoru (např. Line 6 Helix) pomocí zpráv Program Change a Control Change. Tyto zprávy mění banky a presety kytarového zvuku, ovládají efektové parametry (např. pozici wah pedálu) a zároveň řídí globální hlasitost skladby. MIDI zde slouží jako nástroj pro konzistentní a synchronizovanou změnu zvukových vrstev v rámci celé kompozice.

Třetí scénář ilustruje využití MIDI mimo oblast hudby – konkrétně při řízení scénické techniky. V tomto případě MIDI zprávy odesílané z DAW slouží jako spouštěče pro ovládání světelných efektů pomocí softwaru MagicQ. Pomocí Bome MIDI Translatoru jsou MIDI zprávy převedeny na klávesové zkratky, které spouštějí jednotlivé CUE sekvence ve světelném ovladači. Tento přístup umožňuje synchronizovat světelnou show s hudebním vystoupením bez nutnosti manuálního zásahu.

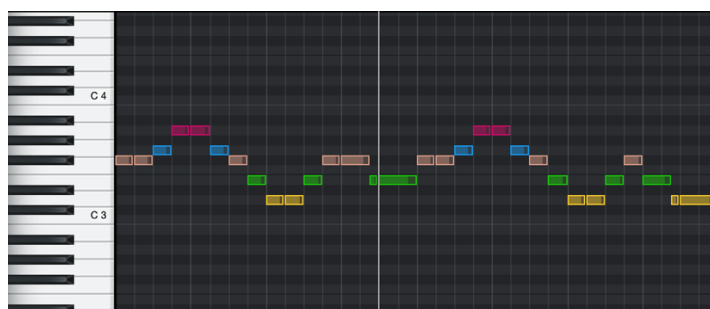
Každý ze scénářů obsahuje konkrétní praktickou ukázkou včetně popisu použitých MIDI zpráv, jejich účinků a souvisejících parametrů. Výsledkem je komplexní pohled na praktické možnosti MIDI v současné hudební a scénické produkci.

7.1 MIDI v hudební produkci: Programování a úprava sekvencí

MIDI v procesu studiové hudební produkce slouží jako klíčový nástroj pro přesné programování hudebních sekvencí, úpravu výkonu jednotlivých nástrojů a aplikaci dynamických změn v rámci skladby. Při práci s MIDI lze vytvořit realistický a expresivní hudební výkon, který je možné dále upravovat a přizpůsobovat bez ztráty zvukové kvality. Cílem této ukázky je postupná transformace základní syntetické zvukové stopy směrem k přirozenější interpretaci skladby Óda na radost, přiblížení se reálnému klavíru a využití MIDI k dosažení plynulosti a hudební expresivity.

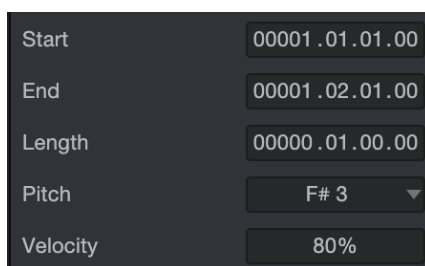
7.1.1 Pochopení principů MIDI v kontextu hudební produkce

Při zápisu MIDI not do Piano Rollu v DAW vzniká sekvence MIDI událostí, které obsahují přesně definované parametry určující výšku, délku, dynamiku a další aspekty každé noty.



Obr. 12 „Piano roll v Presonus Studio One 7“

Každá zapsaná nota odpovídá MIDI zprávě Note On, která přenáší hodnoty určující číslo noty (Pitch number), rychlost úhozu (Velocity) a časovou pozici v rámci skladby. Po ukončení dané noty je odeslána zpráva Note Off, která nástroji sděluje, že má daný tón přestat znít.



Obr. 13 „Parametry první noty ukázky“

V okamžiku přehrávání sekvencí v DAW posílá tyto MIDI zprávy do virtuálního nástroje, v tomto případě Xfer Serum, který interpretuje přijatá MIDI data a generuje odpovídající zvukový výstup. Na rozdíl od samplovaných nástrojů zde neprobíhá přehrávání předem nahraných zvukových vzorků, ale místo toho je zvuk syntetizován v reálném čase pomocí wavetable syntézy.⁸⁴

V praxi to znamená, že sekvencí v DAW odesílá pouze MIDI příkazy, které definují, kdy má nástroj spustit konkrétní notu (Note On), kdy ji ukončit (Note Off) a jaké další parametry se mají aplikovat. Pro lepší představu o tomto procesu lze zobrazit výpis reálně odesílaných MIDI zpráv pomocí softwaru MIDI-OX.

TIMESTAMP	IN	PORT	STATUS	DATA1	DATA2	CHAN	NOTE	EVENT
00004D17	9	--	90	42	7F	1	F# 4	Note On
00004D17	9	--	E0	00	40	1	---	Pitch Bend
00004D17	9	--	B0	40	00	1	---	CC: Pedal (Sustain)
00004D17	9	--	B0	0A	00	1	---	CC: PAN
00004D17	9	--	B0	07	00	1	---	CC: Volume
00004D17	9	--	B0	5D	00	1	---	CC: Chorus Depth
00004D17	9	--	B0	5B	00	1	---	CC: Reverb Depth
00004F09	9	--	80	42	7F	1	F# 4	Note Off
00004F09	9	--	90	42	7F	1	F# 4	Note On
000050FE	9	--	90	43	68	1	G 4	Note On
000052F3	9	--	80	43	68	1	G 4	Note Off
000052F3	9	--	90	45	63	1	A 4	Note On
000054E6	9	--	80	42	7F	1	F# 4	Note Off
000054E6	9	--	80	45	63	1	A 4	Note Off
000054E6	9	--	90	45	59	1	A 4	Note On
000056DA	9	--	90	43	50	1	G 4	Note On
000058CE	9	--	80	43	50	1	G 4	Note Off
000058CE	9	--	90	42	4A	1	F# 4	Note On
00005AC1	9	--	80	42	4A	1	F# 4	Note Off
00005AC1	9	--	90	40	3D	1	E 4	Note On
00005CB6	9	--	80	45	59	1	A 4	Note Off
00005CB6	9	--	80	40	3D	1	E 4	Note Off

Obr. 14 „Výstup MIDI nástroje v MIDI-OX – MIDI zprávy které přijímá Xfer Serum“

V softwaru MIDI-OX byl zachycen výstup MIDI zpráv, které ilustrují různé typy událostí v reálném čase. Log obsahuje časové značky (TIMESTAMP), typ zprávy (STATUS), datové hodnoty (DATA1, DATA2) a interpretaci události. Mezi zaznamenané události patří Note On/Off (např. NOTE F#4, G4, A4), Pitch Bend, a různé Control Change (CC) zprávy, jako je pedál (Sustain, CC 64), Panorama (CC 10), hlasitost (CC 7), Chorus (CC 93) a Reverb (CC 91).

7.1.2 Notový zápis a audio ukázka výchozí melodie v kontextu MIDI syntézy

Xfer Serum pro tvorbu zvuku využívá princip wavetable syntézy, což znamená, že zvuk je generován interpolací mezi různými tvary vln uloženými ve vlnových tabulkách. V tomto

⁸⁴ MIDI Manufacturers Association. *MIDI Specifications*. [online]. Dostupné z: <https://www.midi.org>

kontextu MIDI data nefungují pouze jako základní instrukce pro spouštění a zastavování tónů, ale také jako prostředek pro detailní modulaci zvuku. Každá MIDI nota odpovídá určité frekvenci, přičemž syntetizér při jejím přehrávání vybírá odpovídající vlnový tvar a generuje signál s příslušnými parametry.⁸⁵



Obr. 15 „Xfer Serum - uživatelské rozhraní“

Jedním z nejdůležitějších z těchto parametrů ovlivňovaných MIDI zprávami je Velocity, která může kromě změny hlasitosti tónu řídit i další vlastnosti zvuku, například modulaci filtru nebo intenzitu vibrata. Ta se nastavuje již samotným zápisem MIDI not v Piano Rollu při editaci MIDI stopy. Dalším klíčovým aspektem je možnost ovládat filtraci frekvencí prostřednictvím Control Change zpráv, posílaných pomocí datových bajtů. Typickým příkladem je MIDI CC 74, která v Xfer Serum odpovídá řízení Cutoff frekvence filtru, tedy bodu, kde dochází k oříznutí vyšších či nižších harmonických složek signálu.⁸⁶

⁸⁵ XFER RECORDS. *Serum: Advanced Wavetable Synthesizer*. [online]. Dostupné z: <https://xferrecords.com/products/serum>

⁸⁶ MIDI Manufacturers Association. (n.d.). *MIDI 1.0 Control Change Messages*. [online]. Dostupné z: <https://midi.org/midi-1-0-control-change-messages>

74	01001010	4A	Sound Controller 5 (default: Brightness)	0-127	LSB
----	----------	----	--	-------	-----

Obr. 16 „MIDI CC-74 v tabulce MIDI CC zpráv“⁸⁷

Ve spojení s CC 71, která ovládá rezonanci filtru (RES uvnitř Xfer Serum), lze dynamicky měnit charakter zvuku v reálném čase, což umožňuje simulaci přirozeného chování akustických nástrojů nebo tvorbu výrazných syntetických efektů.⁸⁸

71	01000111	47	Sound Controller 2 (default: Timbre/Harmonic Intens.)	0-127	LSB
----	----------	----	---	-------	-----

Obr. 17 „MIDI CC-71 v tabulce MIDI CC zpráv“⁸⁹



Obr. 18 „Cutoff filtr v Xfer Serum (CC-71 + CC-74)“

Důležitou roli v dynamice zvuku hrají také již zmíněné obálky ADSR (Attack, Decay, Sustain, Release). Tyto lze nastavit v samotném nástroji, v případě ukázky v Xfer Serum. MIDI zpráva CC 72 ovlivňuje délku dozívání tónu po uvolnění klávesy, čímž lze definovat přirozenější chování zvuku, například simulaci dozívání klavíru nebo strunných nástrojů.

72	01001000	48	Sound Controller 3 (default: Release Time)	0-127	LSB
----	----------	----	--	-------	-----

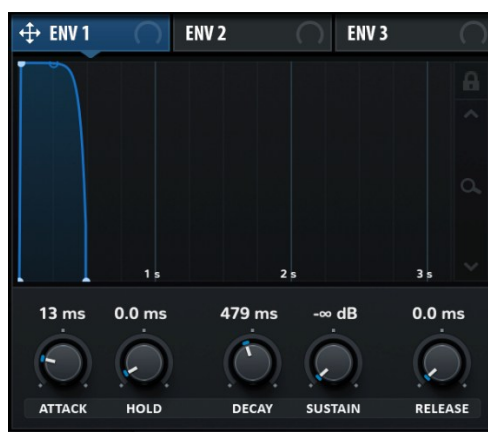
Obr. 19 „MIDI CC-72 v tabulce MIDI CC zpráv“⁹⁰

⁸⁷ MIDI Manufacturers Association. (n.d.). *MIDI 1.0 Control Change Messages*. [online]. Dostupné z: <https://midi.org/midi-1-0-control-change-messages>

⁸⁸ Ibid.

⁸⁹ Ibid.

⁹⁰ Ibid.



Obr. 20 „Konfigurace obálky ADSR v Xfer Serum“

Kromě ADSR lze pomocí MIDI zpráv kontrolovat i efekty, jako je Reverb (CC 91), který přidává prostorový dozvuk, nebo Chorus a Delay (oba CC 93), které pomáhají rozšířit stereo obraz a dodat zvuku větší hloubku.

91	01011011	5B	Effects 1 Depth (default: Reverb Send Level – see MMA RP-023) (formerly External Effects Depth)	0-127	–
92	01011100	5C	Effects 2 Depth (formerly Tremolo Depth)	0-127	–
93	01011101	5D	Effects 3 Depth (default: Chorus Send Level – see MMA RP-023) (formerly Chorus Depth)	0-127	–

Obr. 21 „Reverb, Chorus a Delay v tabulce MIDI CC zpráv“⁹¹



Obr. 22 „Reverb, Chorus a Delay v Xfer Serum“

⁹¹ MIDI Manufacturers Association. (n.d.). *MIDI 1.0 Control Change Messages*. [online]. Dostupné z: <https://midi.org/midi-1-0-control-change-messages>

Xfer Serum umožňuje detailní práci s modulací pomocí LFO (Low-Frequency Oscillator) a lze jej propojit s jakýmkoliv parametrem syntetizéru, a to včetně těch, které jsou ovládány MIDI vstupem. Například přiřazení MIDI CC zprávy k LFO umožňuje řídit periodické změny frekvence nebo amplitudy zvuku v závislosti na síle úhozu nebo pozici modulačního kolečka. Tímto způsobem lze dosáhnout efektů, jako je tremolo, vibrato nebo rytmická modulace zvuku, které jsou běžně využívány v elektronické hudbě i v simulaci akustických nástrojů.

Celý proces tedy probíhá tak, že MIDI noty vložené do Piano Rollu neobsahují žádná audio data, ale pouze instrukce, které DAW přenáší do VST nástroje. Na základě těchto MIDI zpráv je pak zvuk generován v reálném čase, přičemž jednotlivé MIDI parametry umožňují detailní kontrolu nad jeho vlastnostmi. Wavetable syntéza v Xfer Serum poskytuje široké možnosti pro úpravu zvuku na základě MIDI vstupu, což umožňuje jak realistickou simulaci akustických nástrojů, tak experimentální zvukový design.⁹²

Uvnitř sekce MATRIX v Xfer Serum lze konfigurovat jednotlivé vstupní příkazy a nastavit jejich následné ovládání parametrů samotné syntézy zvuku v nástroji.



Obr. 23 „Automatizace parametrů syntézy v Xfer Serum pomocí MIDI vstupu“

7.1.3 Notový zápis a audio ukázka výchozí melodie v kontextu MIDI syntézy

V následující části práce bude uveden notový zápis části úvodní melodie z Beethovenovy Ódy na radost pro účely demonstrace. Tento zápis bude doplněn o audio stopu, která ukáže, jak je melodie implementována v MIDI formátu v prostředí digitální audio pracovní stanice

⁹² PARNELL, S. *Sound Synthesis and Sampling*. 2. vyd. Oxford: Focal Press, 2016. ISBN 978-0-240-51974-4, s. 135-150.

(DAW) a jak je následně přehrána prostřednictvím VST nástroje. Následně bude poskytnut náhled do výpisu MIDI zpráv posílaných sekvencerem do Xfer Serum (pomocí MIDI-OX). Tato ukázka poslouží k lepšímu pochopení vztahu mezi tradičním notovým zápisem a digitálními technologiemi, které umožňují interpretaci hudby a její modifikaci pomocí funkcí MIDI.



Obr. 24 „1 - Výchozí ukázka – Óda pro radost“⁹³

7.1.4 Programování MIDI sekvencí v DAW

Výchozí sekvence MIDI obsahuje základní noty zapsané v Piano Roll editoru s jednotnou délkou, dynamikou a bez jakýchkoli úprav. Tento zápis odpovídá mechanickému přehrání tónů bez jakéhokoliv interpretačního záměru. Prvním krokem v úpravě MIDI sekvence je práce s délkou jednotlivých not a jejich uvolňováním. Pomocí přesnějšího nastavení časování Note Off lze dosáhnout plynulejšího přechodu mezi tóny, což ovlivňuje legato a celkovou souhru frází. Dále bude aplikována práce s ADSR (Attack, Decay, Sustain, Release), která umožní definovat, jak rychle tón nastupuje, jak dlouho zůstává aktivní a jak postupně dozívá. Například prodloužením Release lze simulovat přirozený dozvuk klavírního nástroje, zatímco kratší Attack pomůže napodobit měkký úhoz do kláves.

7.1.5 Úprava dynamiky a expresivity pomocí MIDI parametrů

Dalším aspektem úpravy MIDI sekvence je implementace dynamických změn, které pomohou odstranit uniformní a nepřirozené znění původního syntetického zvuku. Pomocí Velocity lze určit intenzitu úderu do kláves, čímž se jednotlivé noty stanou výrazově bohatšími – slabší tóny mohou být interpretovány jemněji, zatímco vyšší hodnoty Velocity simulují razantnější úhoz.

Dále bude aplikován parametr Expression (CC 11), který umožní plynulé změny hlasitosti v průběhu fráze bez nutnosti upravovat samotné Velocity jednotlivých not. Tento prvek přidává hudební linii přirozenější dynamiku a umožňuje jemné nuance v interpretaci.

⁹³ Audio ukázka dostupná na: <https://kraken.pedf.cuni.cz/~pechlu/MIDI/>

Přidáním těchto změn bude sekvence znít přirozeněji a interpretace bude věrnější reálné hře na klavír.



Obr. 25 „2 - Ukázka úpravy dynamiky a expresivity pomocí MIDI parametrů“⁹⁴

7.1.6 Automatizace parametrů a efekty

Pro dosažení ještě autentičtějšího výsledku budou aplikovány MIDI Control Change (CC) zprávy pro automatizaci vybraných parametrů. Stěžejní úpravou bude práce s dozvukem, který se v původní syntetické verzi neprojevuje. Pomocí CC 91 (Reverb Depth) lze postupně přidávat prostorový efekt, který napodobuje přirozenou rezonanci klavíru v koncertní místnosti.

Dalším prvkem je použití CC 74 (Brightness), který ovlivní spektrální charakter zvuku. U reálného klavíru je jasnost tónu závislá na síle úderu, a proto bude aplikována dynamická změna tohoto parametru v souvislosti s Velocity. Výsledkem bude větší rozdíl mezi jemně hranými a razantně uhozenými tóny, což přispěje k přirozenějšímu projevu.

Na závěr této ukázky bude prezentována zvuková stopa obsahující upravenou verzi s aplikovanými změnami dynamiky, artikulace a efektů.



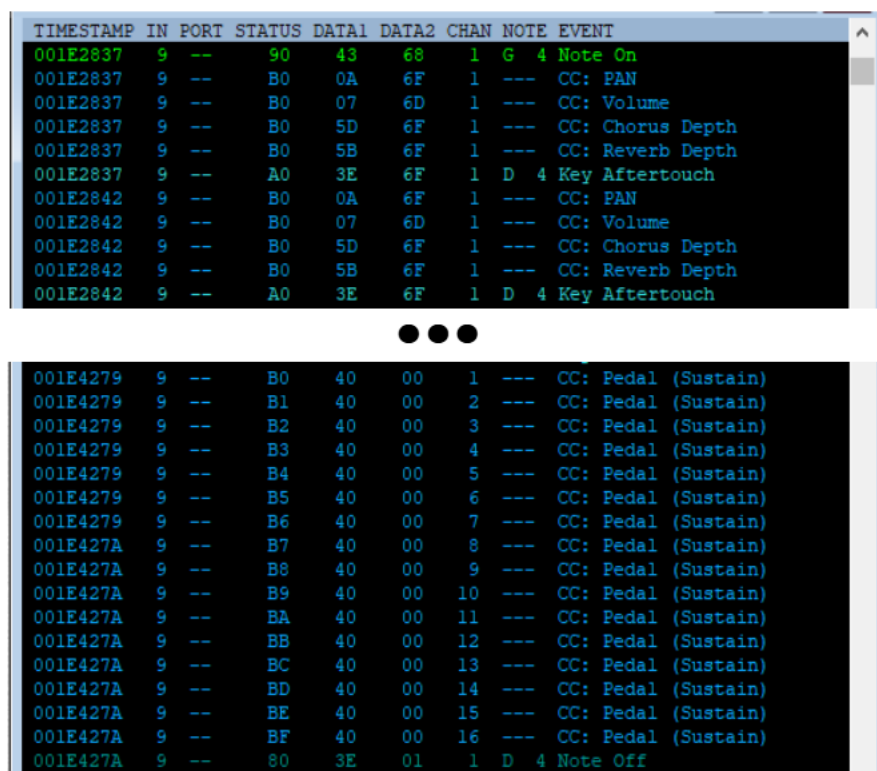
Obr. 26 „3 - Ukázka automatizace parametrů a efektů“⁹⁵

Oproti původní základní MIDI sekvenci nyní každá nota neobsahuje pouze jednoduché Note On a Note Off zprávy, ale je doplněna o množství dalších parametrů, které ovlivňují její dynamiku, barvu a prostorovost. Každá nota již má specifickou hodnotu Velocity, aby se přiblížila notovému zápisu zeslabování. Při každém úderu do klávesy nyní probíhá komunikace zahrnující změny hlasitosti (CC 7 – Volume), Panoramy (CC 10 – Pan), efektů, jako je Chorus (CC 93) a Reverb (CC 91), a také reakce na úhoz pomocí Aftertouch. Dále

⁹⁴ Audio ukázka dostupná na: <https://kraken.pedf.cuni.cz/~pechlu/MIDI/>

⁹⁵ Audio ukázka dostupná na: <https://kraken.pedf.cuni.cz/~pechlu/MIDI/>

se zde uplatňuje řízení Sustain pedálu (CC 64) a další modulace, které přispívají k přirozenějšímu projevu hraní. Celkově nyní mezi jednotlivými Note On a Note Off zprávami probíhá až 210 různých MIDI událostí, což ukazuje, jak bohaté může být využití MIDI pro realistickou hudební interpretaci.



TIMESTAMP	IN	PORT	STATUS	DATA1	DATA2	CHAN	NOTE	EVENT
001E2837	9	--	90	43	68	1	G 4	Note On
001E2837	9	--	B0	0A	6F	1	---	CC: PAN
001E2837	9	--	B0	07	6D	1	---	CC: Volume
001E2837	9	--	B0	5D	6F	1	---	CC: Chorus Depth
001E2837	9	--	B0	5B	6F	1	---	CC: Reverb Depth
001E2837	9	--	A0	3E	6F	1	D 4	Key Aftertouch
001E2842	9	--	B0	0A	6F	1	---	CC: PAN
001E2842	9	--	B0	07	6D	1	---	CC: Volume
001E2842	9	--	B0	5D	6F	1	---	CC: Chorus Depth
001E2842	9	--	B0	5B	6F	1	---	CC: Reverb Depth
001E2842	9	--	A0	3E	6F	1	D 4	Key Aftertouch

001E4279	9	--	B0	40	00	1	---	CC: Pedal (Sustain)
001E4279	9	--	B1	40	00	2	---	CC: Pedal (Sustain)
001E4279	9	--	B2	40	00	3	---	CC: Pedal (Sustain)
001E4279	9	--	B3	40	00	4	---	CC: Pedal (Sustain)
001E4279	9	--	B4	40	00	5	---	CC: Pedal (Sustain)
001E4279	9	--	B5	40	00	6	---	CC: Pedal (Sustain)
001E4279	9	--	B6	40	00	7	---	CC: Pedal (Sustain)
001E427A	9	--	B7	40	00	8	---	CC: Pedal (Sustain)
001E427A	9	--	B8	40	00	9	---	CC: Pedal (Sustain)
001E427A	9	--	B9	40	00	10	---	CC: Pedal (Sustain)
001E427A	9	--	BA	40	00	11	---	CC: Pedal (Sustain)
001E427A	9	--	BB	40	00	12	---	CC: Pedal (Sustain)
001E427A	9	--	BC	40	00	13	---	CC: Pedal (Sustain)
001E427A	9	--	BD	40	00	14	---	CC: Pedal (Sustain)
001E427A	9	--	BE	40	00	15	---	CC: Pedal (Sustain)
001E427A	9	--	BF	40	00	16	---	CC: Pedal (Sustain)
001E427A	9	--	80	3E	01	1	D 4	Note Off

Obr. 27 „Výpis MIDI zpráv v MIDI-OX“

7.1.7 Výhody a nevýhody použití MIDI pro syntézu zvuku a jeho kontrolu v DAW

Použití MIDI v DAW umožňuje precizní kontrolu nad výškou tónu, dynamikou a efekty, což poskytuje flexibilitu pro realistické výkony. Integrace s VST nástroji, jako je Xfer Serum, umožňuje detailní syntézu zvuku v reálném čase, což nabízí širší kreativní možnosti než samplované nástroje.

Tento proces lze realizovat i na laptopu, což umožňuje mobilitu a jednoduchost bez potřeby fyzických nástrojů nebo samplů, ideální pro rychlé testování a experimentování. Použití MIDI-OX k analýze MIDI zpráv v reálném čase umožňuje detailní kontrolu a porozumění procesu.

Na druhé straně, manuální zápis MIDI not do Piano Rollu může být časově náročný a méně intuitivní než živé nahrávání. Syntetický zvuk Xfer Serum nedosahuje úplné autenticity přirozeného akustického klavíru, postrádá jemnosti a nuance skutečného nástroje, zejména pokud jde o rezonance nebo vibrace klaviatury.

Komplexnost nastavení parametrů pro realistický efekt může být pro začátečníky složitá a časově náročná. Ačkoli MIDI umožňuje simulaci dynamiky a expresivity, chybí zde lidská interpretace, která je přítomná v živém hraní. Tento přístup je ideální pro experimentování a modifikaci zvuku, ale pro autentický záznam je třeba být si vědom těchto limitací.

7.2 MIDI v živém vystoupení: Automatizace a interaktivní kontrola

V kontextu živého vystoupení, hraje MIDI klíčovou roli při řízení virtuálních nástrojů, synchronizaci s dalšími zařízeními a automatizaci různých parametrů v reálném čase. Moderní koncertní a performační setupy často kombinují MIDI kontroléry, sekvencery a efekty s cílem maximalizovat flexibilitu a expresivitu během vystoupení. V následujícím experimentu je představen konkrétní případ využití MIDI k řízení více zvukových prvků v rámci jedné skladby, přičemž jednotlivé složky jsou postupně zaváděny a automatizovány.

7.2.1 Synchronizace MIDI s externími zařízeními

V úvodu skladby zazní kombinace předpřipravených audio samlů ve formátu WAV a MIDI nástrojů, jejichž parametry jsou řízeny prostřednictvím sekvenceru v DAW. Časování všech těchto prvků je synchronizováno pomocí MIDI Clock signálu, který zajišťuje, že tempo zůstává konzistentní napříč jednotlivými stopami.

V případě potřeby propojení s dalšími systémy, jako jsou světla, projekce nebo další audiovizuální prvky, může být využit MTC (MIDI Time Code). Ten poskytuje časový kód v hodinách, minutách, sekundách a snímcích a je běžně používán pro přesnou synchronizaci mezi různými zařízeními a aplikacemi.

Přenos MTC byl v rámci této práce ověřen pomocí nástroje MIDI-OX, který sloužil ke sledování výstupu generovaného MTC signálu z DAW a zobrazoval jednotlivé časové hodnoty v reálném čase. Tím byla demonstrována funkčnost a správné vysílání MTC dat, která by mohla být dále využita k synchronizaci s jinými systémy.

TIMESTAMP	IN	PORT	STATUS	DATA1	DATA2	CHAN	NOTE	EVENT
00531BC4	9	--	F1	72	--	--	---	MTC Quarter Frame
00531BCE	9	--	F1	00	--	--	---	MTC Quarter Frame
00531BD8	9	--	F1	10	--	--	---	MTC Quarter Frame
00531BE3	9	--	F1	28	--	--	---	MTC Quarter Frame
00531BEE	9	--	F1	31	--	--	---	MTC Quarter Frame
00531BF7	9	--	F1	40	--	--	---	MTC Quarter Frame
00531C04	9	--	F1	50	--	--	---	MTC Quarter Frame
00531C0D	9	--	F1	60	--	--	---	MTC Quarter Frame
00531C2B	9	--	F0	Buffer: 10 Bytes				System Exclusive
SYSX: F0 7F 7F 01 01 20 00 18 02 F7								
00533769	9	--	F0	Buffer: 10 Bytes				System Exclusive
SYSX: F0 7F 7F 01 01 20 00 00 00 F7								

Obr. 28 „MIDI MTC v MIDI-OX pro synchronizaci jednotlivých prvků v čase“

7.2.2 Řízení efektů a změna zvuku nástrojů

Jakmile se k základnímu podkladu přidá elektrická kytara, dochází k první změně řízené prostřednictvím MIDI. Kytarový signál je upravován pedálem, který podporuje ovládání přes MIDI Program Change. Tato zpráva umožňuje přepnutí zvukového presetu z výchozího tónu na ambientní efektovou kombinaci. Během této fáze skladby zůstává baskytara beze změny a není tedy nutné odesílat žádné další MIDI zprávy, které by ovlivňovaly její zvuk.

Níže je k dispozici ukázka kytarové stopy bez přepnutí CC-00 (Bank Select) a následně ukázka stejné stopy za použití zprávy CC-00 a přepnutí banky na zmíněný preset. V MIDI-OX je zobrazeno přepnutí na „Ambient“ banku, zatímco současně hraje syntetizátor prostřednictvím MIDI a zároveň jsou spuštěny samplý (WAV). Následuje snímek obrazovky z MIDI-OX, kde lze vidět přepnutí banky, hraní syntetizátoru a snímek obrazovky ze Studio One 7 s MIDI pro syntetizátor, kytaru a samplý, spolu s odpovídajícím audio záznamem.

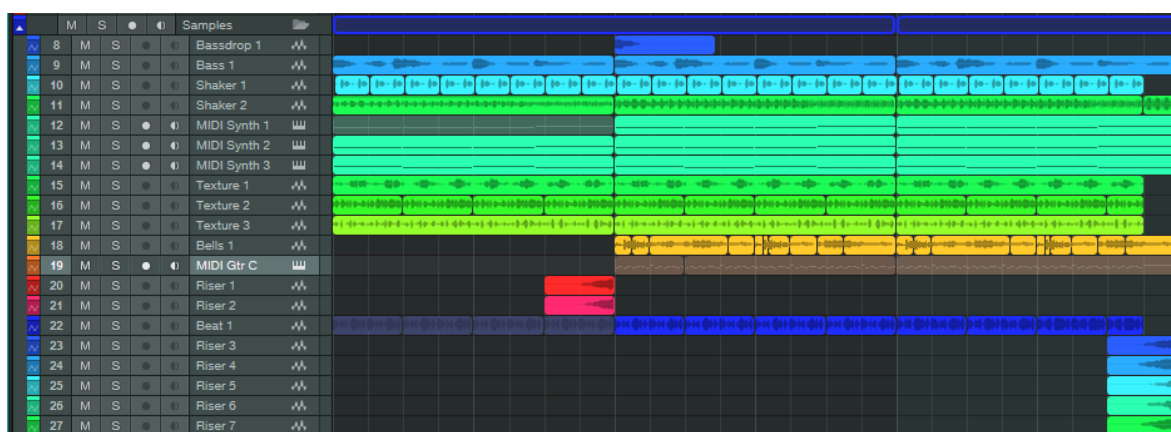


Obr. 29 „4 – Ukázka kytarové stopy (základní zvuk) a 5 – ukázka kytarové stopy po přepnutí na „Ambient“ banku“⁹⁶

⁹⁶ Audio ukázky dostupné na: <https://kraken.pedf.cuni.cz/~pechlu/MIDI/>

TIMESTAMP	IN	PORT	STATUS	DATA1	DATA2	CHAN	NOTE	EVENT
00B5ABEC	9	--	C3	1B	--	4	---	PC: Elec Cln Guitar
00B5ABEC	9	--	C2	27	--	3	---	PC: Synth Bass 2
00B5ABED	9	--	C1	00	--	2	---	PC: Acc. Grand Piano
00B5ABED	9	--	C0	00	--	1	---	PC: Acc. Grand Piano
00B5ABED	9	--	B0	00	00	1	---	CC: Bank MSB
00B5ABED	9	--	92	36	66	3	F# 3	Note On
00B5B8F0	9	--	82	36	00	3	F# 3	Note Off
00B5B8F0	9	--	92	32	66	3	D 3	Note On
00B5C5F6	9	--	82	32	00	3	D 3	Note Off
00B5C5F6	9	--	92	34	66	3	E 3	Note On
00B5D15A	9	--	82	34	00	3	E 3	Note Off
00B5D15A	9	--	92	2F	66	3	B 2	Note On

Obr. 30 „Přepnutí banky kytary a hraní MIDI syntetizéru“



Obr. 31 „6 - WAV stopy (samplý) a MIDI syntetizérů uvnitř Studio One 7“⁹⁷

7.2.3 Dynamické změny v průběhu skladby

Ve chvíli, kdy skladba přechází do refrénové části, nastává několik paralelních změn řízených MIDI sekvencí. Kytarový zvuk se přepíná na „Distortion“ banku prostřednictvím další MIDI Program Change zprávy, což umožňuje plynulý přechod mezi částmi skladby bez nutnosti manuálního ovládání efektového procesoru. Zároveň je původní čistá kytarová linka, kterou hráč interpretoval v úvodní části skladby, nahrazena MIDI stopou, jež přehrává identickou melodii prostřednictvím virtuálního kytarového syntezátoru. Tento přístup umožňuje, aby hráč mohl v refrénu interpretovat nový kytarový part, zatímco předchozí harmonie zůstává v mixu jako součást podkladu.

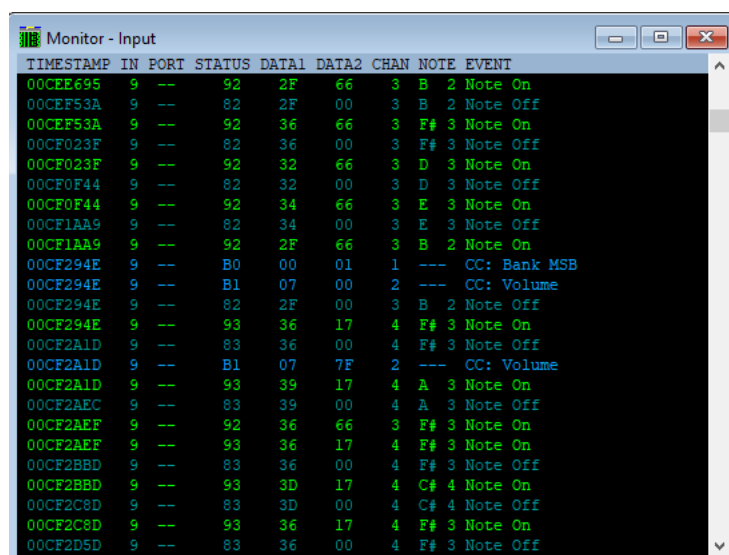
Následuje snímek obrazovky ze Studio One 7, který ukazuje přechod do refrénu, kde je vidět že se přidává MIDI kytara (tmavě oranžová stopa napravo).

⁹⁷ Audio ukázka dostupná na: <https://kraken.pedf.cuni.cz/~pechlu/MIDI/>

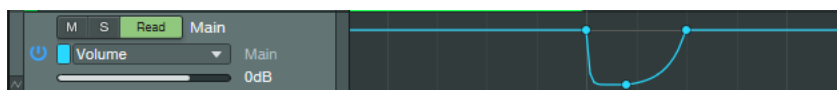


Obr. 32 „7 - Přechod skladby do refrénu ve Studio One 7“⁹⁸

Dále je připojen snímek obrazovky z MIDI-OX, kde je vidět přepnutí banky kytary a automatizace Global Volume (úroveň hlasitosti), spolu s příslušným audio záznamem.



Obr. 33 „Přepnutí banky a automatizace hlasitosti (CC-07) v MIDI-OX“



Obr. 34 „Automatizace hlasitosti (CC-07) v Studio One 7“

7.2.4 Triggering samplů a řízení mixu pomocí MIDI

Další úpravou, která je realizována prostřednictvím MIDI, je spuštění dodatečných zvukových efektů v refrénu, jako jsou perkusivní akcenty nebo zvuky typu „Bass drop“ a „Snare bomb“. Tyto prvky jsou aktivovány prostřednictvím MIDI Note On zpráv, které v

⁹⁸ Video ukázka dostupná na: <https://kraken.pedf.cuni.cz/~pechlu/MIDI/>

daných okamžicích spouští specifické samplý uložené v DAW. Kombinace těchto zvukových vrstev přispívá k celkovému dynamickému nárůstu refrénu.

Kromě změn jednotlivých nástrojových partů je v této sekci skladby aplikována i automatizace hlasitosti hlavního mixu. Bezprostředně před nástupem refrénu dochází k náhlému zeslabení celkového výstupního signálu, čímž vzniká efekt dynamického „propadu“, který zesiluje dopad refrénového vstupu. Tato změna je řízena pomocí MIDI Continuous Controller zprávy (CC 7 – Volume Control), která v předem určeném okamžiku modifikuje úroveň hlasitosti na hlavním výstupu.

Tento způsob triggerování samplů a řízení mixu pomocí MIDI je možné implementovat nejen pro specifické akcenty a zvukové efekty, ale i pro další dynamické změny v průběhu skladby. Je potřeba mít na paměti, že nejen syntetizátory, ale i samplý a další nástroje v DAW mohou být řízeny pomocí specifických MIDI CC zpráv pro efekty jako Reverb, Delay a jiné procesory, jak bylo rozebráno v kapitole 7.2.

7.2.5 Zhodnocení použití MIDI v živém vystoupení

Mezi hlavní výhody patří vysoká flexibilita, která umožňuje řídit zvukové prvky a synchronizovat různé systémy v reálném čase. Použití MIDI Clock a MTC pro časování a synchronizaci mezi zařízeními zajišťuje konzistenci a přesnost napříč různými stopami a aplikacemi.

Další výhodou je automatizace efektů, změn zvuku nástrojů a řízení mixu, což eliminuje potřebu manuálního zásahu během vystoupení a zajišťuje plynulost a dynamiku výkonu. MIDI také umožňuje spouštění samplů a řízení změn v hlasitosti, což přispívá k vytváření komplexních zvukových vrstev a dynamických přechodů v průběhu skladby. Tento přístup přináší vysokou míru interaktivity, protože ovládání parametrů probíhá v reálném čase.

Na druhé straně se mohou vyskytnout problémy s technickými nároky a složitostí správného nastavení parametrů v DAW a MIDI zařízeních. Nesprávná synchronizace nebo špatně nastavené MIDI zprávy mohou vést k problémům během vystoupení, což vyžaduje pečlivou přípravu.

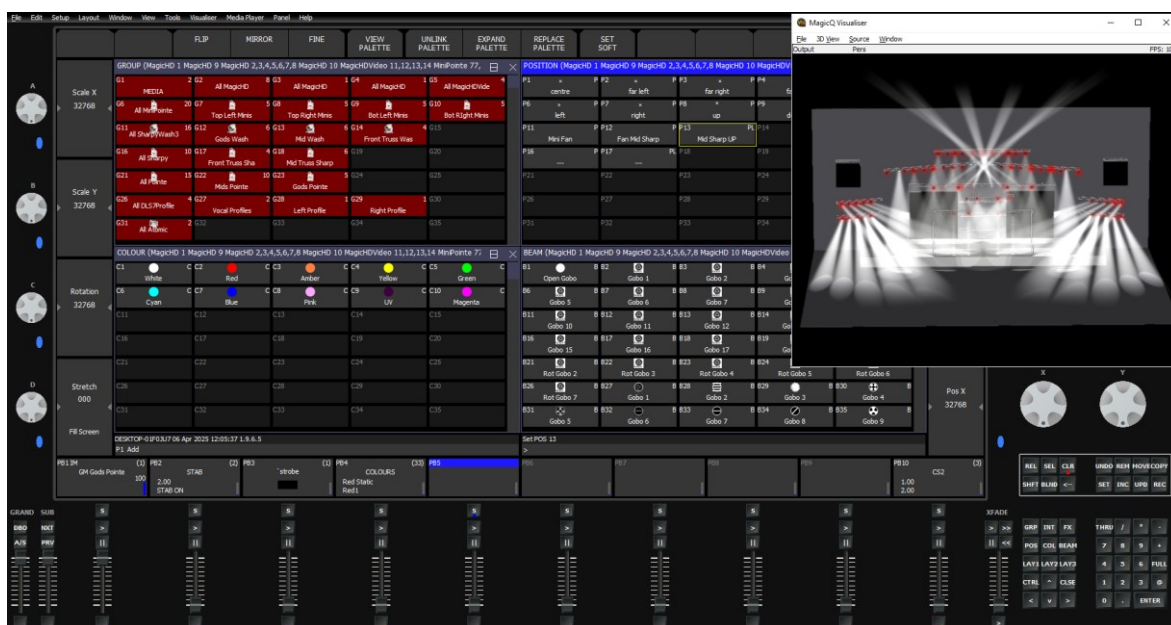
Další nevýhodou může být technická závislost na softwarech a hardwarech, které musí být spolehlivě propojeny a správně fungovat během vystoupení, což může být v případě poruchy složité zvládnout.

7.3 MIDI v řízení scénických prvků a efektů

V moderní koncertní produkci je stále běžnější využití MIDI nejen k ovládání hudebních nástrojů a automatizovaného přepínání kytarových presetů, ale také k řízení scénického osvětlení, video projekcí nebo efektových procesorů. Tento aspekt MIDI technologie umožňuje umělcům i technickému personálu realizovat přesně načasovanou, synchronizovanou a vysoce konzistentní show bez potřeby manuálních zásahů během samotného vystoupení.

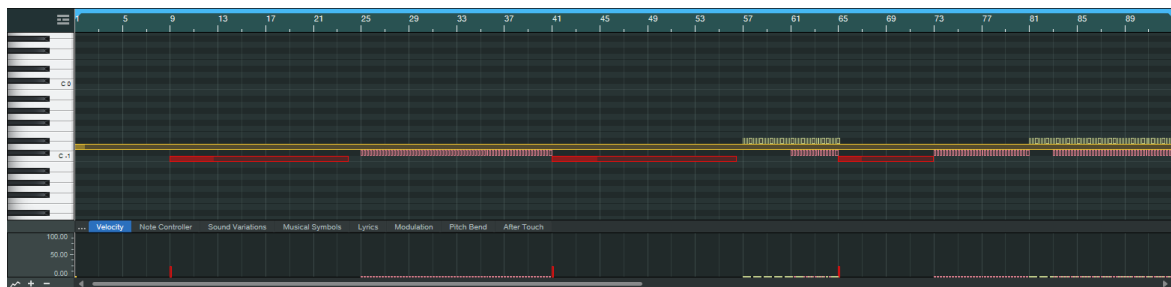
7.3.1 Spolupráce software ChamSys MagicQ a Bome Midi Translator

V rámci této ukázky je předvedeno využití MIDI k řízení světelné techniky prostřednictvím osvětlovacího softwaru ChamSys MagicQ. Tento software umožňuje kompletní správu světelného parku, programování scén (Cue Stacks) a jejich aktivaci pomocí různých vstupních metod – včetně simulovaných stisků kláves, které lze vygenerovat z MIDI zpráv přes nástroj Bome MIDI Translator Classic.



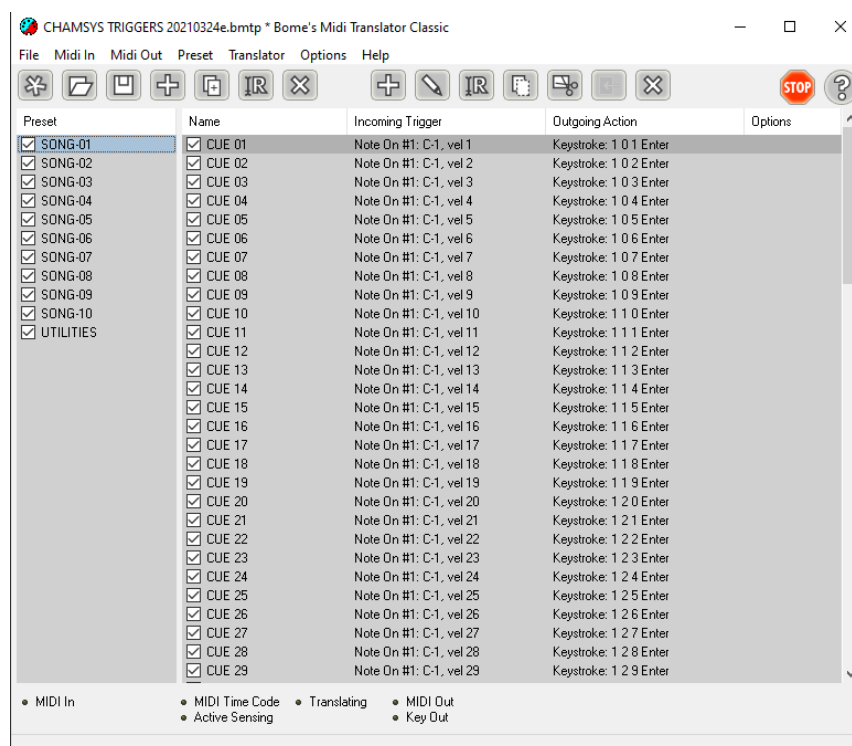
Obr. 35 „Uživatelské rozhraní ChamSys MagicQ“

V prostředí digitální pracovní stanice (DAW) je připravena speciální MIDI stopa, která obsahuje sérii precizně načasovaných Note On zpráv. Každá z těchto zpráv odpovídá jedné konkrétní světelné změně nebo přepnutí scény. Pomocí jednotlivých výšek tónu (např. C-1, C#-1, D-1...) a hodnot Velocity lze definovat různé spouštěcí příkazy pro světelný software.



Obr. 36 „MIDI stopa pro ovládání scénických osvětlení“

Tato MIDI stopa je následně přeměrována do aplikace Bome MIDI Translator Classic, která analyzuje přicházející MIDI zprávy a na jejich základě generuje simulované klávesové příkazy. Tyto příkazy odpovídají vstupům v softwaru MagicQ – například příkaz „101 + Enter“ spouští konkrétní Cue Stack s id 101, což je sekvence scénických instrukcí (např. změna barvy, pohyb hlavy světla, aktivace stroboskopu apod.). V praxi tedy zpráva Note On C-1 s Velocity 1 aktivuje například scénu 101, zatímco Note On D-1 s Velocity 2 aktivuje jinou scénu, dle mapování v prostředí Bome.



Obr. 37 „Uživatelské rozhraní Bome MIDI Translator s připravenými Key Triggers“

Aby bylo možné ověřit správnost přenosu a zpracování MIDI zpráv, je součástí pracovního řetězce i nástroj MIDI-OX, který slouží pro sledování toku MIDI dat v reálném čase. Na následujícím obrázku je vidět, jak Bome přijímá jednotlivé zprávy typu Note On, včetně přesného časového razítka, výšky tónu a Velocity. Tento pohled je důležitý pro ladění systému a ověření, že všechny příkazy dorazily správně a ve správný okamžik.

TIMESTAMP	IN	PORT	STATUS	DATA1	DATA2	CHAN	NOTE	EVENT
00002D35	9	--	90	0E	01	1	D	0 Note On
00006BA8	9	--	90	0C	20	1	C	0 Note On
0000E0C5	9	--	80	0C	20	1	C	0 Note Off
0000E895	9	--	90	0D	01	1	C#	0 Note On
0000EA88	9	--	80	0D	01	1	C#	0 Note Off
0000EA88	9	--	90	0D	03	1	C#	0 Note On
0000EC7B	9	--	80	0D	03	1	C#	0 Note Off
0000EC7B	9	--	90	0D	04	1	C#	0 Note On
0000EE70	9	--	80	0D	04	1	C#	0 Note Off
0000EE70	9	--	90	0D	01	1	C#	0 Note On
0000F064	9	--	80	0D	01	1	C#	0 Note Off
0000F064	9	--	90	0D	03	1	C#	0 Note On
0000F258	9	--	80	0D	03	1	C#	0 Note Off
0000F258	9	--	90	0D	04	1	C#	0 Note On
0000F44C	9	--	80	0D	04	1	C#	0 Note Off
0000F44C	9	--	90	0D	01	1	C#	0 Note On
0000F640	9	--	80	0D	01	1	C#	0 Note Off
0000F640	9	--	90	0D	03	1	C#	0 Note On
0000F834	9	--	80	0D	03	1	C#	0 Note Off
0000F834	9	--	90	0D	04	1	C#	0 Note On
0000FA28	9	--	80	0D	04	1	C#	0 Note Off
0000FA28	9	--	90	0D	01	1	C#	0 Note On
0000FC1C	9	--	80	0D	01	1	C#	0 Note Off
0000FC1C	9	--	90	0D	03	1	C#	0 Note On
0000FE0F	9	--	80	0D	03	1	C#	0 Note Off
0000FE0F	9	--	90	0D	04	1	C#	0 Note On
00010004	9	--	80	0D	04	1	C#	0 Note Off
00010004	9	--	90	0D	01	1	C#	0 Note On
000101F8	9	--	80	0D	01	1	C#	0 Note Off
000101F8	9	--	90	0D	03	1	C#	0 Note On
000103EC	9	--	80	0D	03	1	C#	0 Note Off

Obr. 38 „Zachycení přichozích MIDI zpráv v MIDI-OX“

7.3.2 Cue stacks a plně automatizované ovládání scény

V samotném prostředí MagicQ jsou připravené Cue Stacky, tedy sekvence scénických pokynů, které definují, co se má stát po jejich aktivaci – může jít o změnu barvy reflektorů, spuštění Chase efektu, rozsvícení konkrétních světel apod. Každý Cue Stack je přiřazen určité skupině světel a má číselné označení, které odpovídá vstupu simulovaného klávesového příkazu.

CUE STACK (CS58: COLOURS PB4)												
Status	Cue id	Cue text	Wait	Halt	Delay	Fade	Cue	Next cue	Timing	Track	Block FX	Cue only
*	101.00	Red Static	Follow	Yes	0.00s	0.00s	Q143(L)Red Static	Next	Cue	L	No	No
	102.00	Red1	Follow	Yes	0.00s	0.00s	Q136(L)Red1	Next	Cue	L	No	No
	103.00	Red2	Follow	Yes	0.00s	0.00s	Q151(L)Red2	Next	Cue	L	No	No
	104.00	Red3	Follow	Yes	0.00s	0.00s	Q159(L)Red3	Next	Cue	L	No	No
	105.00	Green Static	Follow	Yes	0.00s	0.00s	Q144(L)Green Static	Next	Cue	L	No	No
	106.00	Green1	Follow	Yes	0.00s	0.00s	Q137(L)Green1	Next	Cue	L	No	No
	107.00	Green2	Follow	Yes	0.00s	0.00s	Q152(L)Green2	Next	Cue	L	No	No
	108.00	Green3	Follow	Yes	0.00s	0.00s	Q160(L)Green3	Next	Cue	L	No	No
	109.00	Blue Static	Follow	Yes	0.00s	0.00s	Q145(L)Blue Static	Next	Cue	L	No	No
	110.00	Blue1	Follow	Yes	0.00s	0.00s	Q138(L)Blue1	Next	Cue	L	No	No
	111.00	Blue2	Follow	Yes	0.00s	0.00s	Q153(L)Blue2	Next	Cue	L	No	No
	112.00	Blue3	Follow	Yes	0.00s	0.00s	Q161(L)Blue3	Next	Cue	L	No	No
	113.00	Yellow Static	Follow	Yes	0.00s	0.00s	Q146(L)Yellow Static	Next	Cue	L	No	No
	114.00	Yellow1	Follow	Yes	0.00s	0.00s	Q139(L)Yellow1	Next	Cue	L	No	No

Obr. 39 „Připravený Cue Stack pro 1. skupinu světel uvnitř ChamSys MagicQ“

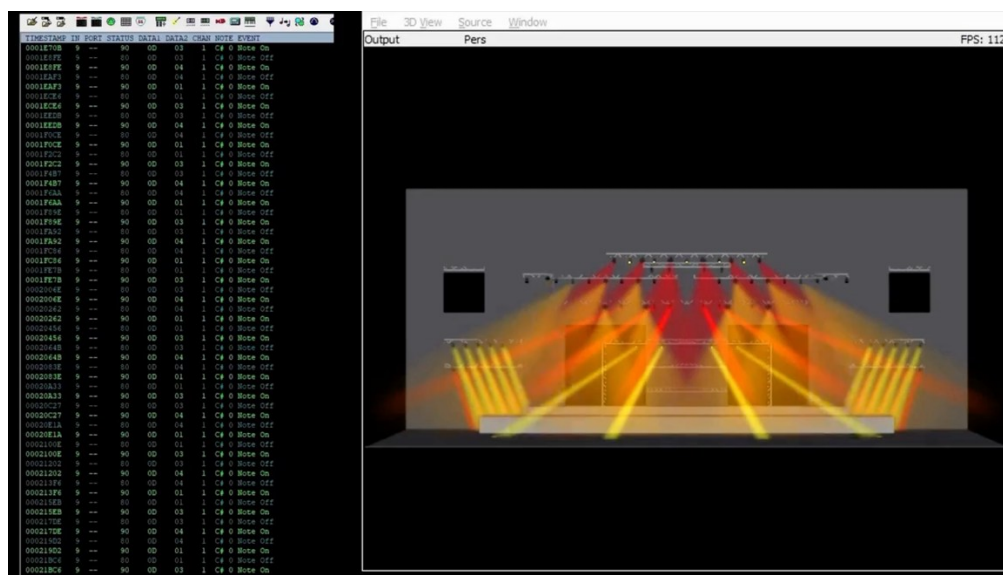
Celý tento řetězec umožňuje plně automatizované řízení světelné show synchronizované s hudbou, což výrazně usnadňuje práci osvětlovače, odstraní nutnost ručních zásahů během vystoupení a eliminuje lidskou nedokonalost synchronizace světelné show s hudebním vystoupením. MIDI tak funguje jako spouštěcí jazyk nejen pro zvuk, ale i pro vizuální a scénické prvky.

Pro ilustraci samotného automatizovaného přepínání jednotlivých scén (Cues) v rámci jednoho Cue Stacku ve světelném softwaru MagicQ je zařazena krátká videoukázka. V ní je vidět, jak se pomocí MIDI zpráv z DAW, převedených v nástroji Bome MIDI Translator Classic na odpovídající klávesové příkazy, spouští jednotlivé scény ve skupině světel.



Obr. 40 „Přepínání scén 1. skupiny světel uvnitř software ChamSys MagicQ“⁹⁹

Fungování celého systému přibližuje videoukázka, ve které jsou naprogramované světelné scény spouštěny v přesném souladu s hudebním obsahem. Video zachycuje jednak výstup z vizualizéru MagicQ, který simuluje reálné světelné prvky, a zároveň obsahuje postranní výpis MIDI zpráv z nástroje MIDI-OX. Tento paralelní pohled ukazuje, jak jednotlivé Note On zprávy odpovídají konkrétním světelným změnám a jak celý systém funguje v reálném čase.



Obr. 41 „Ukázka synchronizace světel s hudbou s výpisem MIDI zpráv v nástroji MIDI-OX“¹⁰⁰

⁹⁹ Video ukázka dostupná na: <https://kraken.pedf.cuni.cz/~pechlu/MIDI/>

¹⁰⁰ Video ukázka dostupná na: <https://kraken.pedf.cuni.cz/~pechlu/MIDI/>

7.3.3 Efektivita využití MIDI při ovládání scénických prvků a efektů

Použití MIDI pro řízení scénických prvků a efektů v koncertní produkci přináší řadu výhod i nevýhod. Mezi hlavní výhody patří automatizace a synchronizace, které umožňují precizní a bezchybné propojení světelných změn s hudbou bez nutnosti manuálních zásahů během vystoupení. To zajišťuje hladký a konzistentní průběh show, což je stěžejní pro velké produkce. Díky flexibilitě MIDI mohou být spouštěcí příkazy snadno přizpůsobeny a rozšířeny podle potřeb, což nabízí široké možnosti pro různé scénáře.

Systém rovněž snižuje riziko lidské chyby při aktivaci scénických efektů, což zvyšuje přesnost a konzistenci celkového výsledku. Další výhodou je možnost sledování toku MIDI zpráv v reálném čase pomocí nástroje MIDI-OX, což usnadňuje ladění systému a zajišťuje, že všechny příkazy byly správně přeneseny a načasovány.

Na druhé straně tento systém nese i několik nevýhod. První z nich je závislost na správném fungování hardwaru a softwaru, které tvoří celý systém. Jakýkoli technický problém, například selhání přenosu MIDI zpráv nebo nesprávné nastavení, může způsobit zpoždění nebo nesprávné spouštění scénických změn, což může narušit plynulost vystoupení.

Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo analyzovat technologii MIDI z hlediska jejího technického fungování a zejména současného praktického využití v hudební a scénické tvorbě. Skrze propojení historického vývoje, teoretických poznatků a konkrétních ukázek byla demonstrována flexibilita, nadčasovost a univerzálnost tohoto komunikačního protokolu.

Práce nejprve představila historické pozadí vývoje elektronických nástrojů a způsobů jejich propojení před vznikem standardu MIDI. Byly popsány překážky, které s sebou nesourodé systémy přinášely, a jak potřeba univerzálního komunikačního protokolu vedla k vytvoření MIDI. Následně byl podrobně popsán samotný MIDI standard a jeho postupný vývoj, včetně klíčových milníků a adopce v různých oblastech hudební produkce.

V teoretické části byly analyzovány jak softwarové, tak hardwarové aspekty MIDI – struktura zpráv, přenos dat, využití kanálů a souborové formáty. Byly také zmíněny alternativní technologie, jako je Open Sound Control nebo Audio over IP, které MIDI doplňují nebo rozšiřují, ale zatím jej v praxi zcela nenahradily.

Praktická část nabídla tři konkrétní scénáře využití MIDI. První scénář se zaměřil na studiovou produkci v prostředí DAW, kde bylo demonstrováno programování a editace MIDI dat a jejich vliv na výsledný zvuk. Druhý scénář ukázal aplikaci MIDI při živém vystoupení, kde byl protokol využit k ovládání efektových jednotek a parametrické modulaci nástrojového zvuku v reálném čase. Třetí scénář posunul využití MIDI do oblasti scénického řízení, konkrétně světelné techniky, a ukázal jeho potenciál i mimo oblast zvuku.

Přestože MIDI vzniklo již v první polovině 80. let 20. století, zůstává i dnes plně relevantním a široce využívaným komunikačním protokolem. Jeho jednoduchost, otevřenost, nízká datová náročnost a široká podpora napříč platformami z něj činí nepostradatelný nástroj v hudbě, zvuku i scénické technice. Ačkoli nové protokoly jako MIDI 2.0 přinášejí další možnosti, původní MIDI standard si i nadále udržuje pevné místo v současné i budoucí audiovizuální tvorbě.

Seznam použitých informačních zdrojů

1. ANDERTON, Craig. *MIDI for Musicians*. New York: Amsco Publications, 1986. ISBN 0-8256-1050-8.
2. BOOM, Michael. *Music through MIDI : using MIDI to create your own electronic music system*. Redmond, Wash.: Microsoft Press, 1987. ISBN 978-1556150265.
3. CHURCH, Steve. *Audio over IP: Building AoIP Systems with Livewire*. 1. vyd. Indianapolis: Wiley, 2013. ISBN 978-1118587191.
4. *Elektor Magazine* (2009). Open Sound Control. *Elektor Electronics*, 2009, roč. 35, č. 10. ISBN 978-3941714596.
5. FADER.cz. *Teorie: Protokol MIDI a jeho historie*. Fader.cz, 2016. [online]. Dostupné z: <https://www.fader.cz/2016/11/06/teorie-protokol-midi-a-jeho-historie>
6. FORRÓ, Daniel, *Automatizace hudby*. Muzikus. [online]. Dostupné z: <https://casopismuzikus.cz>
7. FORRÓ, Daniel. *MIDI: Komunikace v hudbě*. Musitronika. Praha: Grada, 1993. ISBN 80-85623-56-0.
8. FORRÓ, Daniel. *Svět MIDI: Úplný popis MIDI standardů – pre- a post-MIDI systémy – MIDI praxe*. Musitronika. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-412-6.
9. GUERIN, Robert. *MIDI Power!: The Comprehensive Guide*. 2nd Edition. Boston: Cengage Learning PTR, 2005. ISBN 978-1598630848.
10. *Hammondovy varhany*. Wikipedie, otevřená encyklopedie, rev. 28. 2. 2024. [online]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Hammondovy_varhany
11. HILL, Brad. *Midi for Musicians: Buying, Installing, and Using Today's Electronic Music-Making Equipment*. Paperback. Chicago: A Cappella Books, 1994. ISBN 978-1556522215.
12. *History of Electronic Sound Modification*. North Tonawanda, NY, USA: Bode Sound Co., 1984, s. 730-732. [online]. Dostupné z: <https://archive.org/details/ETC0174>
13. JUNGLEIB, Stanley. *General MIDI*. Pap/Dskt Edition. Madison, Wis: A-R Editions, 1995. ISBN 978-0895793102.
14. KETTLEWELL, Ben. *Electronic music pioneers*. Paperback. Vallejo, CA: ProMusic Press, 2002. ISBN 978-1931140171.

15. LAWRENCE ALEXANDER, Peter. *How MIDI Works*. Sixth edition. Milwaukee, WI: Hal Leonard, 2001. ISBN 978-0634020834.
16. LeicaShop.cz. *MIDI: Univerzální zvukový protokol pro elektronické hudební nástroje*. LeicaShop.cz, 2024. [online]. Dostupné z: <https://leicashop.cz/midi-univerzalni-zvukovy-protokol-pro-elektronicke-hudebni-nastroje>
17. *MIDI 2.0 Specifications*. 200. [online]. Dostupné z: <https://archive.org>
18. *MIDI 2.0: Full MIDI 2.0 specifications from the MMA*. Rast Sound. [online]. Dostupné z: <https://rastsound.com/midi-2-0/>
19. *MIDI Cable*. Hosatech. [online]. Dostupné z: <https://hosatech.com/products/data/midi-cables-adapters/mid-300/>
20. MIDI Manufacturers Association. *MIDI Specifications*. [online]. Dostupné z: <https://www.midi.org>
21. MIDI Manufacturers Association. (n.d.). *MIDI 1.0 Control Change Messages*. [online]. Dostupné z: <https://midi.org/midi-1-0-control-change-messages>
22. PARNELL, S. *Sound Synthesis and Sampling*. 2. vyd. Oxford: Focal Press, 2016. ISBN 978-0-240-51974-4.
23. ROTHSTEIN, Joseph. *Midi: A Comprehensive Introduction*. The Computer Music & Digital Audio Series. Madison, Wis: A-R Editions, 1992. ISBN 9780895792587.
24. SCHMITZ, Reinhard. *MIDI (Quick Start)*. Paperback. Bremen, Germany: Wizoo Publishing, 2001. ISBN 978-0825619090.
25. STUBBS, David. *The World's First Synthesizer Was a 200-Ton Behemoth*. Smithsonian Magazine, 2018. [online]. Dostupné z: <https://www.smithsonianmag.com/innovation/worlds-first-synthesizer-was-200-ton-behemoth-180970828/>
26. THIBAUD, Daniel. *Audio Plugins*. 1. vyd. New York: Routledge, 2015. ISBN 978-1138779279.
27. *What is MIDI? All You Should Know About It*. [online]. Dostupné z: <https://nektartech.com/article/blog/all-you-need-to-know-about-midi/>
28. XFER RECORDS. *Serum: Advanced Wavetable Synthesizer*. [online]. Dostupné z: <https://xferrecords.com/products/serum>

Vyjádření k využití nástrojů umělé inteligence

Při zpracování této bakalářské práce byly v omezené míře využity nástroje umělé inteligence. Konkrétně jsem tyto nástroje použil výhradně k překladu odborných textů a zdrojů z anglického jazyka do češtiny s cílem lepšího porozumění jejich obsahu. Dále jsem umělou inteligenci využil jako podpůrný nástroj při hledání a orientaci v odborné literatuře, která by mohla být relevantní k tématu práce. Všechny informace použité v práci byly pečlivě ověřeny a odpovědnost za jejich správnou interpretaci a začlenění do textu nese autor práce.

Přílohy práce

Veškeré elektronické přílohy jsou dostupné na <https://kraken.pedf.cuni.cz/~pechlu/MIDI/>

1. Audio ukázka: „Výchozí ukázka – Óda pro radost“.
2. Audio ukázka: „Ukázka úpravy dynamiky a expresivity pomocí MIDI parametrů“.
3. Audio ukázka: „Ukázka automatizace parametrů a efektů“.
4. Audio ukázka: „Ukázka kytarové stopy (základní zvuk)“.
5. Audio ukázka: „Ukázka kytarové stopy po přepnutí na Ambient banku“.
6. Video ukázka: „WAV stopy (samply) a MIDI syntetizérů uvnitř Studio One 7“.
7. Video ukázka: „Přechod skladby do refrénu ve Studio One 7“.
8. Video ukázka: „Přepínání scén 1. skupiny světel uvnitř software ChamSys MagicQ“.
9. Video ukázka: „Ukázka synchronizace světel s hudbou s výpisem MIDI zpráv v nástroji MIDI-OX“.