

*Elektroniczne instrumenty muzyczne*

# MIDI

w syntezie dźwięku

# MIDI

---

## MIDI

- ang. *Musical Instruments Digital Interface*
  - Standard komunikacji cyfrowych urządzeń dźwiękowych.
  - Zatwierdzony w roku 1983 (wersja 1.0).
  - Opracowany przez firmy Roland, Sequential Circuits, Oberheim.
  - **Dotyczy przesyłania informacji sterujących, nie dźwięku!**
  - Umożliwia sterowanie urządzeniami oraz ich synchronizację

## *MIDI a synteza dźwięku*

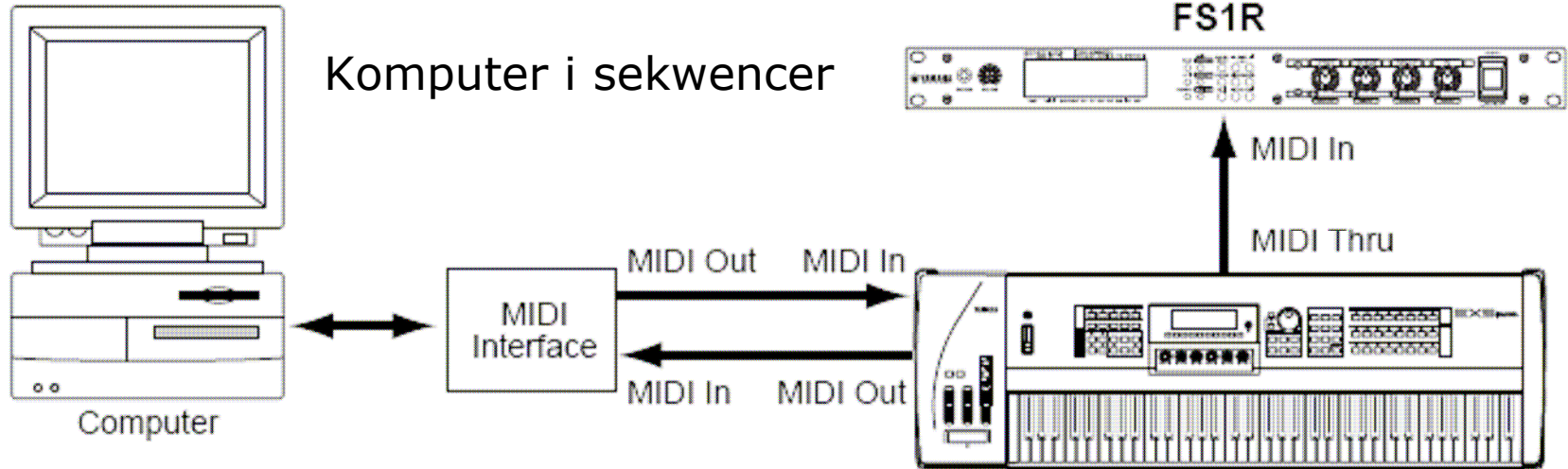
---

Przykład wykorzystania MIDI w syntezie dźwięku

- szereg syntezatorów zrealizowanych jako osobne moduły, zamocowanych w „racku”
- jedna lub kilka klawiatur sterujących
- muzyk „podłącza” klawiaturę do wybranego modułu – oszczędność miejsca i wygoda



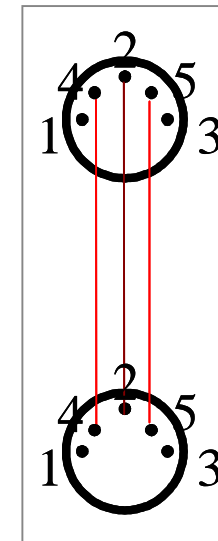
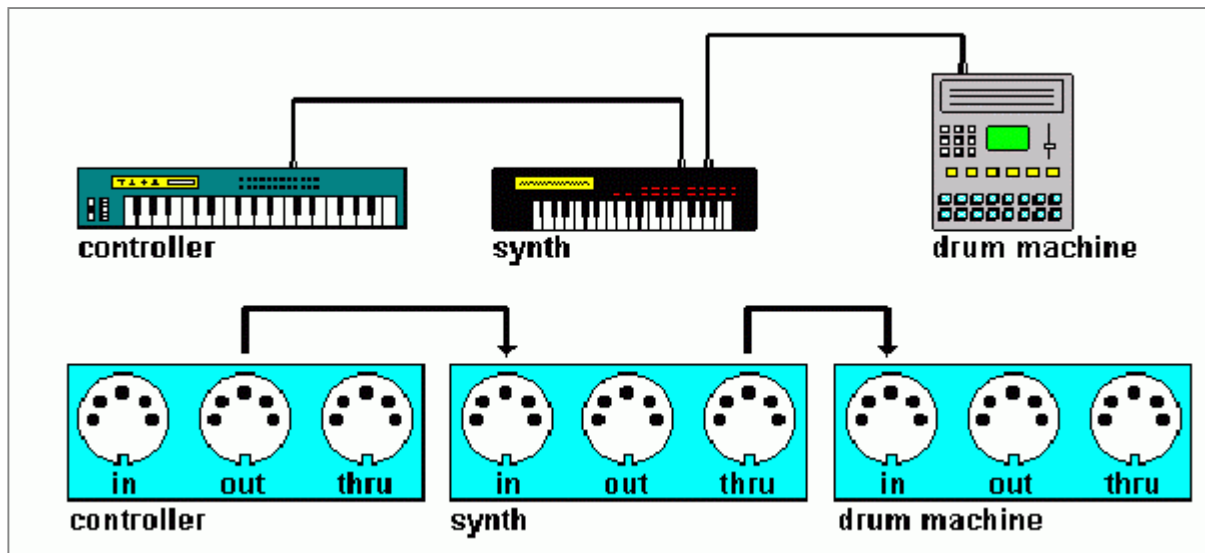
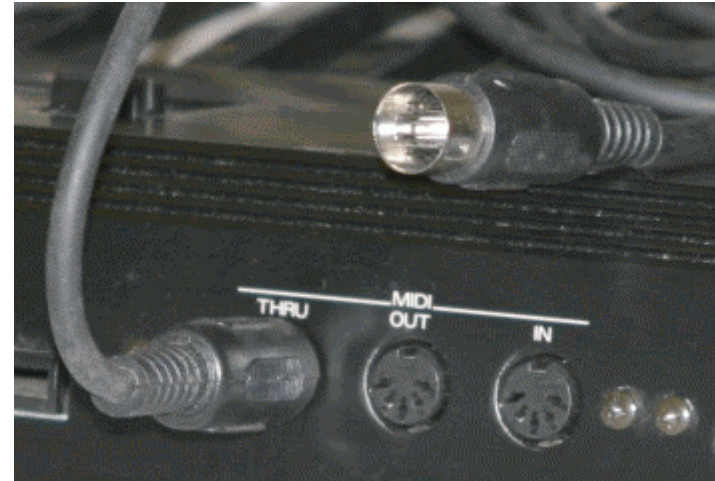
# MIDI - przykłady wykorzystania



# Połączenia MIDI

Złącza w urządzeniach MIDI:

- **IN** – wejście
- **OUT** – wyjście
- **THRU** – wyjście, na które przekazywane są sygnały z wejścia IN

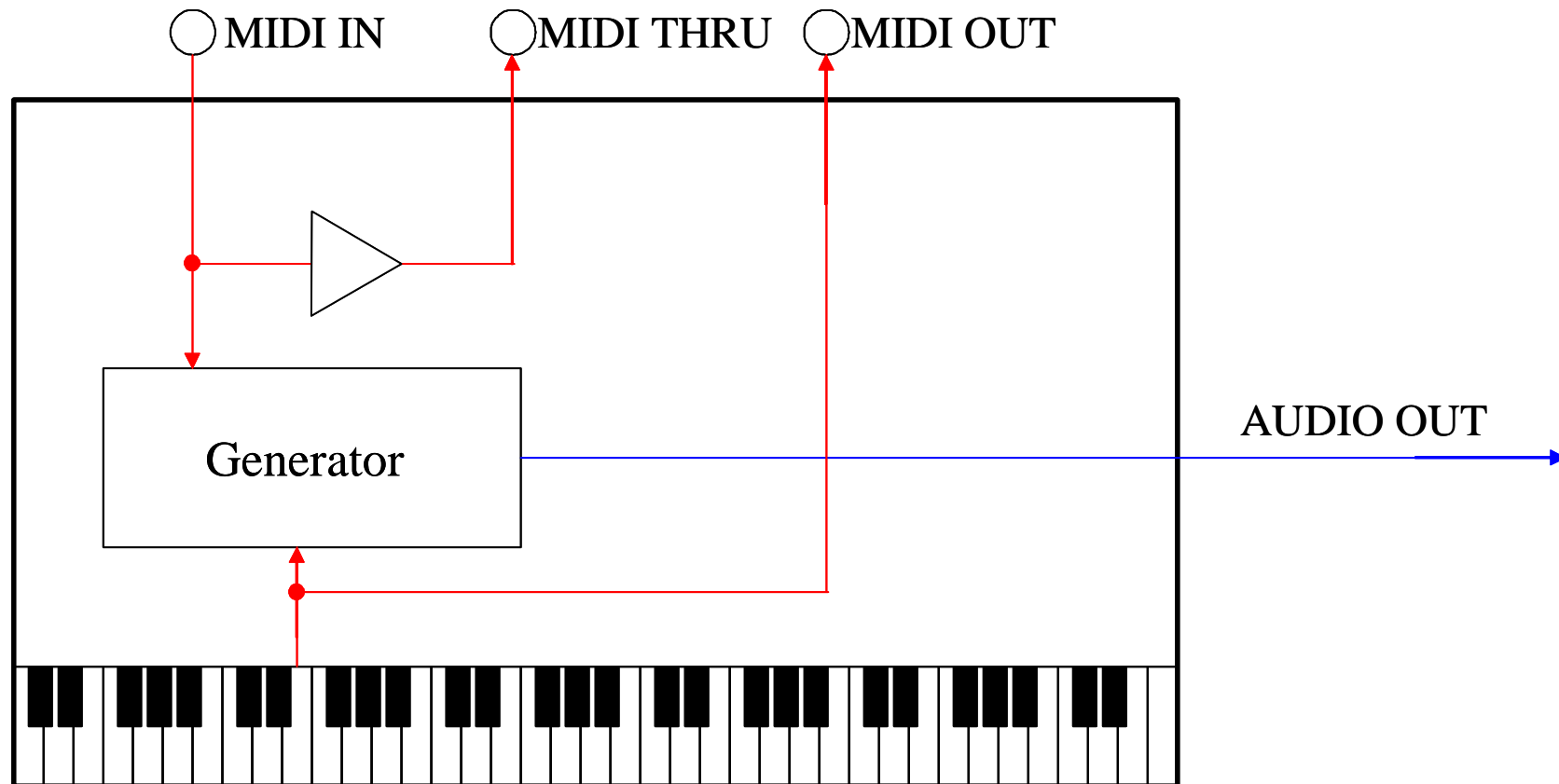


## Połączenia MIDI

---

Izolacja optoelektryczna wejścia i wyjścia  
OPIC (*Optical Integrated Circuit*)

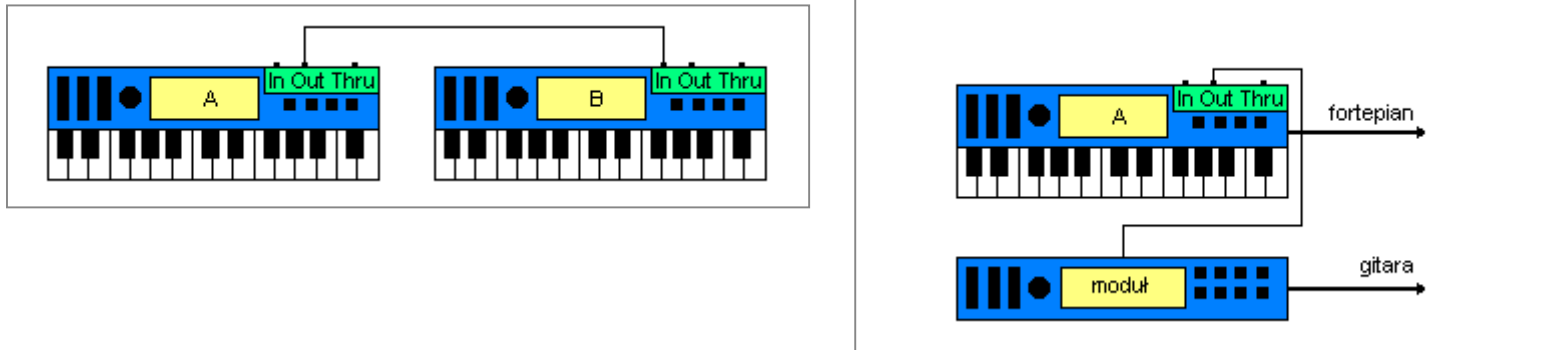
- zapobieganie powstawaniu sprzężeń zwrotnych



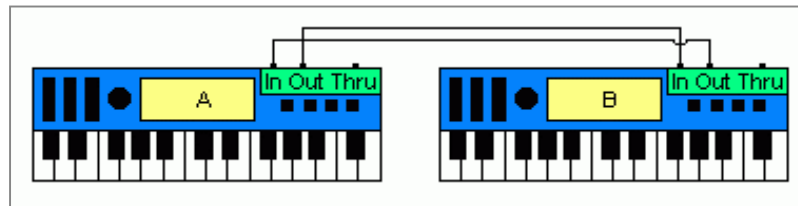
# Połączenia MIDI - Master / Slave

---

## Połączenie „Master – Slave” (łańcuchowe)



## Połączenie „handshake” (wzajemne)

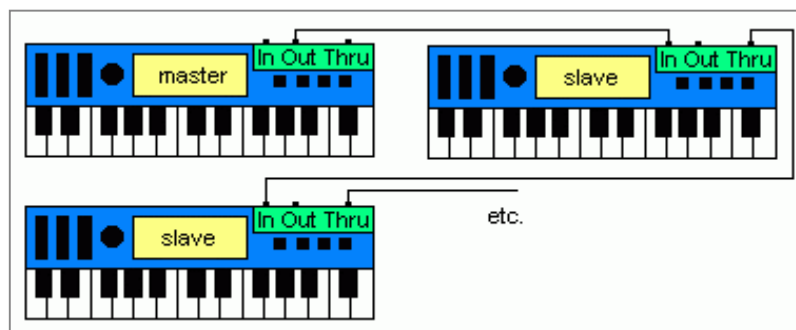


Połączenie takie umożliwia wzajemne sterowanie obu instrumentów oraz przesyłanie innych komunikatów niestandardowych.

## Połączenia MIDI - MIDI Thru

---

Sterowanie większą liczbą urządzeń



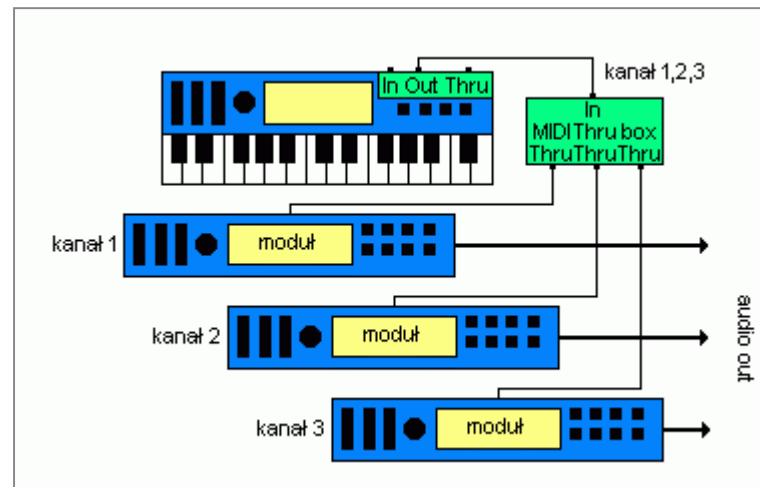
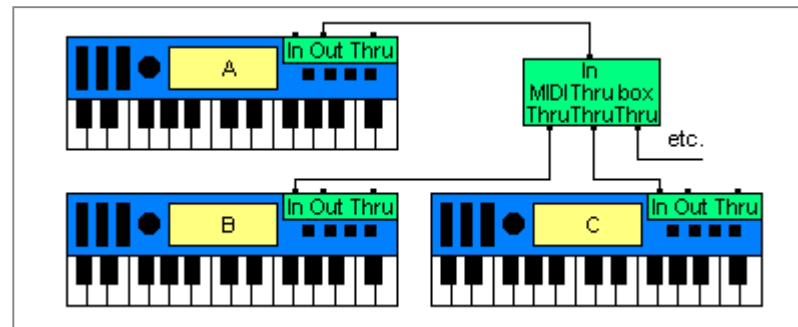
Przy wykorzystaniu wyjścia *MIDI Thru* następuje pogorszenie jakości sygnału z powodu działania optoizolatora.



# Połączenia MIDI - Thru Box

---

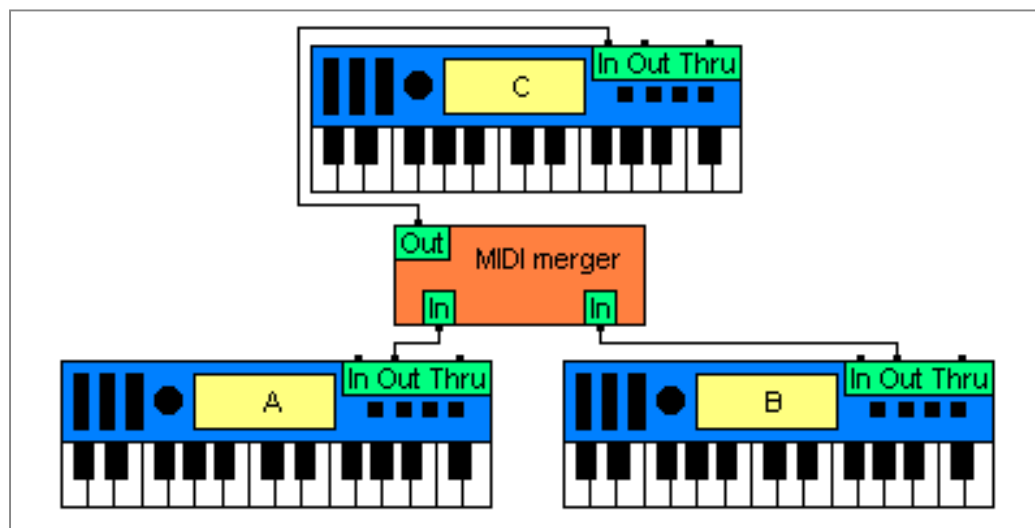
Połączenie **gwiazdziste** – z wykorzystaniem *MIDI Thru Box*



## Połączenia MIDI - Merger

---

Sterowanie jednym urządzeniem przez kilka innych – z wykorzystaniem *MIDI Merger*



Krosownica (*MIDI Patch*) umożliwia dowolną konfigurację połączeń wielu urządzeń.

## *Protokół MIDI*

---

Transmisja danych przez interfejs MIDI:

- szeregową
- asynchroniczna
- jednokierunkowa (*simplex*)
- cyfrowa

Prędkość transmisji: 31,25 Kbit/s ( $\pm 1\%$ )

Maksymalna długość połączenia: 15 m  
(w praktyce dużo więcej)

## *Problem opóźnień w systemie MIDI*

---

Interfejs MIDI obsługuje transmisję szeregową. Tylko jedna dana może być przesyłana naraz. Jeżeli naciśniętych zostaje pięć klawiszy naraz, odstęp pomiędzy komunikatem dla pierwszej i piątej nuty wynosi ok. 4,8 ms. Jest to słyszalne w przypadku równoczesnej gry kilku instrumentów.

Zjawisko powstawania opóźnień przy przesyłaniu kodów MIDI określa się jako *MIDI code latency*.

Komunikaty MIDI są przesyłane według ustalonych priorytetów aby zminimalizować opóźnienia.

## *Problem opóźnień w systemie MIDI*

---

Latencje w przypadku wykorzystywania komputera:

- używanie systemowych sterowników do karty dźwiękowej zwiększa latencje
- *ASIO (Audio Stream Input/Output)*
  - zoptymalizowane sterowniki pomijające system operacyjny i zmniejszające latencje (np. darmowy ASIO4ALL)
- *DirectSound* – podobnie, mniej skutecznie, ale wystarcza do użytku domowego (tylko Windows)

## *Interfejs komputerowy MIDI*

---

### **MPU-401 UART** (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*)

- standard firmy Roland,
- interfejs MIDI służący do współpracy komputerów osobistych z urządzeniami MIDI, np. z instrumentami muzycznymi
- konwersja danych szeregowych (port MIDI) na równoległe (mikroprocesor) oraz na odwrót
- obecnie już nie używany

## Połączenie MIDI <-> PC

---

- W starszych kartach dźwiękowych trzeba było stosować specjalne interfejsy.
- Karty wyższej klasy (profesjonalne i „lepsze” domowe) mają pełny interfejs MIDI.
- Obecnie większość sterowników MIDI używa interfejsu USB-MIDI – *plug & play* po podłączeniu sterownika do portu USB w komputerze.

## Komunikaty i polecenia MIDI

---

Struktura komunikatów i poleceń:

- słowo stanu (jaki komunikat)
- słowa danych (treść komunikatu)

słowa 10-bitowe:

- bit startu (1)
- bit typu: 1 - stan (*status*), 0 - dane (*data*)
- 7 bitów danych (0 – 127)
- bit stopu (0)



## *Kanały w MIDI*

---

Urządzenia MIDI mogą korzystać w komunikacji z **16 kanałów** (*channels*).

Jeżeli urządzenia nadawcze i odbiorcze są ustawione na ten sam kanał, możliwa jest wymiana informacji pomiędzy nimi.

Możliwe jest przekazywanie różnych informacji przez różne kanały w tym samym czasie.

Numer kanału jest zapisany w bajcie stanu komunikatu MIDI.

## Przykład komunikatu MIDI

---

Komunikat głosowy (*voice messages*):

*note on* – naciśnięcie klawisza

- 1001cccc – bajt stanu (1), identyfikator komunikatu *note on* (001), numer kanału (cccc)
- 0nnnnnnnn – bajt danych (0), oznaczenie wysokości nuty, np. D3 (nnnnnnnn)
- 0vvvvvvvv – bajt danych (0), prędkość naciskania klawisza (*velocity*, vvvvvvvv)

## Typy komunikatów MIDI

---

### Komunikaty kanału (*channel messages*)

- przeznaczone dla wybranego kanału:
  - komunikaty głosowe (*voice messages*)
  - komunikaty trybu (*mode messages*)

### Komunikaty systemowe (*system messages*)

- przeznaczone dla całego systemu:
  - wspólne (*common messages*)
  - dla wybranego urządzenia (*system exclusive*)
  - czasu rzeczywistego (*real time messages*)

## Zdarzenie nutowe

---

Zdarzenie nutowe (*note event*) – zestaw parametrów odnoszących się do jednej nuty.

- *Note On* – żądanie wygenerowania nuty
- *Note Off* – żądanie wyłączenia nuty
- *Control Change* – zmiana parametrów kontrolnych
- *Aftersustain* – dociskanie wciśniętego klawisza (zmiana wartości *velocity*)
- *Pitch Wheel Change* – płynna zmiana wysokości dźwięku

## *Komunikaty kontrolne (Control Change)*

---

- Parametr wysyłany przez sterownik w formie: kod CC, komenda, wartość parametru
- Sterowanie: pokrętko *modulation*, pokrętła i suwaki na klawiaturze, itp.
- Wysyłane komendy CC:
  - część definiowana przez standard (np. 01 = *modulation wheel*)
  - mogą być konfigurowane w sterowniku (np. przypisaniu kodu CC do pokrętła)
- Interpretacja komend CC jest zależna od urządzenia

## *Komunikaty kontrolne*

---

Przykładowe, typowe komendy *Control Change*:

- *sustain* – przedłużenie dźwięku
- *sostenuto* – przedłużenie niektórych dźwięków
- *portamento* – płynne przejście wysokości
- *modulation* – modulacja i wibrato
- *volume* – głośność
- *pan* – rozkład w panoramie
- *chorus* – efekt chóru
- *reverb* – pogłos
- *foot controller, breath controller* – sterowniki

## *Polecenia trybu*

---

Polecenia trybu (*mode messages*) sterują trybem pracy instrumentu.

- *all sound off* – wyłączenie wszystkich głosów
- *all notes off* – wyłączenie głosów w danym kanale
- *reset all controllers* – przywrócenie domyślnych wartości wszystkim parametrom sterującym
- *local control on/off* – dołączenie/odłączenie generatora od sterownika
- *omni, poly, mono* – wybór trybu polifonii

## *Polecenia System Exclusive*

---

Polecenia *System Exclusive* (SysEx) to zbiór komunikatów MIDI, który nie jest zdefiniowany w żadnych normach i standardach. Polega on na wysyłaniu i przyjmowaniu specyficznych poleceń, związanych np. z działaniem konkretnego urządzenia MIDI.

Polecenia SysEx są zwykle definiowane przez producenta urządzenia i pozwalają na sterowanie tym urządzeniem za pomocą MIDI.

## Wybór instrumentu

---

- Syntezator posiada zestaw brzmień (**instrumentów**), zorganizowany w struktury nazywane **bankami**.
- Tylko jeden (typowo) bank próbek może być wykorzystywany w danej chwili.
- Każdy bank zawiera **128 instrumentów**
- W obrębie wybranego banku można korzystać ze wszystkich dostępnych instrumentów.
  - *Control Change* 0, 32 – wybór banku
  - *Program Change* – wybór instrumentu

## *Standardy MIDI*

---

Standardy MIDI określają przyporządkowanie numerów instrumentów do brzmień w ramach banku podstawowego. Opracowano je w celu zapewnienia kompatybilności urządzeń.

Najważniejsze standardy MIDI:

- **GS** – *General Standard* – pierwszy zdefiniowany standard MIDI
- **GM** – *General MIDI* – obowiązujący powszechnie standard (specyfikacja – 1993)
- inne:
  - MT32** (Roland),
  - XG** (Yamaha; rozszerzenie GM)

# General MIDI Level 1

---

128 instrumentów podzielono na 8 grup:

- 0 – 7            *Piano*
- 8 – 15          *Chromatic percussion*
- 16 – 23        *Organ*
- 24 – 31        *Guitar*
- 32 – 39        *Bass – gitary basowe*
- 40 – 47        *Strings*
- 48 – 55        *Ensemble*
- 56 – 63        *Brass*
- 64 – 71        *Reed*
- 72 – 79        *Pipe*
- 80 – 87        *Synth Lead*
- 88 – 95        *Synth Pad*
- 96 – 103       *Synth Effects*
- 104 – 111     *Ethnic*
- 112 – 119     *Pecussive*
- 120 – 127     *Sound Effects*

## *General MIDI (cd.)*

---

Przykład grupy instrumentów:

Grupa 1 – Piano

- 0. Acoustic Grand Piano
- 1. Bright Acoustic Piano
- 2. Electric Grand Piano
- 3. Honky-tonk Piano
- 4. Rhodes Piano
- 5. Chorused Piano
- 6. Harpischord (klawesyn)
- 7. Clavinet (klawikord)

## *Brzmienia perkusyjne*

---

- Informacje dotyczące brzmień perkusyjnych w standardzie General MIDI przesyłane są zawsze przez **kanał 10**.
- Każdemu numerowi nuty odpowiada inne brzmienie instrumentu perkusyjnego. Dostępnych jest maksymalnie 128 brzmień perkusyjnych w banku.
- Bank podstawowy zawiera 47 brzmień perkusyjnych (instrumenty 35 – 81).
- Zmiana zestawu brzmień perkusyjnych następuje poprzez zmianę banku.

## Specyfikacja MIDI

---

Specyfikacja MIDI – zbiór informacji o możliwościach urządzenia MIDI.

Specyfikacja jest określona za pomocą karty implementacji MIDI (*MIDI Implementation Chart*), która określa zachowanie się urządzenia w czasie wysyłania do niego określonych poleceń (komunikatów) za pośrednictwem interfejsu MIDI. Specyfikacja ma formę tabeli:

- funkcja
- nadawane (*transmitted*) – O/X/opis
- odbierane (*recognised*) – O/X/opis
- uwagi (*remarks*)

# Specyfikacja MIDI - przykład (syntezator)

	Function	Transmitted	Recognized	Remarks
Basic Channel	Default Changed	1 - 7, 10 X	1 - 16 X	
Mode	Default Messages Altered	Mode 3 *****	Mode 1 Mode 1,2 (M=1)	*1 *2
Note Number	True Voice	0 - 127 *****	0 - 127 0 - 127	
Velocity	Note ON Note OFF	O *3 X	O X	
After Touch	Key's Ch's	X X	O *3 O *3	
Pitch Bend		X	O *3	
Control Change	0,32 1 5 6,38 7 10 11 64 65 66 67 84 91 93 98,99 100,101	X X X X X X X X X X X X X X X X	O *3 O *3 O *3 O *3 O *3 O *3 O *3 O *3 O *3 O *3 O *3 O *3 O (Reverb) *3 O (Chorus) *3 O *3 O *3	Bank select Modulation Portamento time Data entry Volume Panpot Expression Hold 1 Portamento Sostenuto Soft Portamento ctrl Effect 1 depth Effect 3 depth NRPN lsb,msb RPN lsb,msb
Program Change	True #	X *****	O *3 0 - 127	Program # 1-128
System Exclusive		O	O	

## Specyfikacja MIDI

---

Jeżeli chcemy sprawdzić, czy dany komunikat może być przesyłany między urządzeniami, to znajdujemy ten komunikat w specyfikacji, w kolumnie:

- *transmitted* – dla urządzenia nadawczego
- *recognised* – dla urządzenia odbiorczego

Jeżeli w specyfikacji jednego z urządzeń pojawi się znak **X**, oznacza to, że komunikat nie jest obsługiwany.

Znak **O** oznacza, że komunikat może być przesłany lub zinterpretowany.

# Sterowniki MIDI

---

## Klawiatura MIDI:

- klawisze typu fortepianowego
- pokrętło *pitch bend*
- pokrętła i suwaki do modulacji (zmiany parametrów kontrolnych przez CC)
- sterowniki nożne (*sustain*)
- klawiatura dynamiczna – informacje o prędkości naciskania klawiszy (*velocity*)



## *Sterowniki MIDI*

---

Przykłady sterowników MIDI innych niż klawiatura



kontroler perkusyjny  
(*drum pad*)



kontroler dla DJ-ów

## *Sterowniki MIDI*

---



*v/ounds*

Perkusja MIDI  
(*MIDI drum kit*)



Gitara MIDI  
(*MIDI guitar*)

## *Sekwencer MIDI*

---

Sekwencer MIDI (MIDI sequencer)

– urządzenie lub (zwykle) program do

- rejestracji,
- edycji (modyfikacji)
- i odtwarzania

sekwencji kodów MIDI.

Sekwencer steruje syntezatorem, „grając” na nim zamiast muzyka.

## *Sekwencer MIDI*

---

Współczesne sekwencery MIDI to prawie wyłącznie programy komputerowe (używane już w czasach komputerów 8-bitowych). Dostępne są zaawansowane możliwości edycji kodu MIDI.

Przykłady sekwencerów programowych MIDI:

- Cubase VST (Steinberg),
- Cakewalk,
- Logic Audio
- Ableton Live

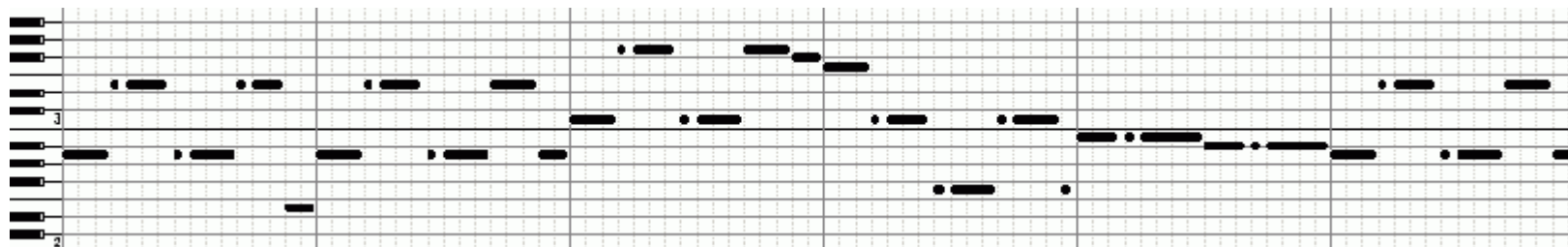
## Typowe funkcje sekwencerów MIDI

---

- Rejestracja i odtwarzanie danych poprzez interfejs MIDI (rejestracja „na żywo” i w trybie krokowym)
- Prezentacja danych w formie
  - ścieżek (śladów),
  - „taśmy pianoli” (*piano roll*),
  - zapisu nutowego,
  - listy komunikatów MIDI
- funkcje edycji i aranżacji (np. kwantyzacja)
- sterowanie interfejsem MIDI, obsługa komunikatów systemowych, synchronizacja
- graficzny mikser, metronom

# Prezentacja danych w sekwencerze

◆◆	R	Type	Name	Pch	Port	Chn	Vol	Trans												
1			Sample	-	1	--		0.0		1										
2			Copyrig	-	1	--		0.0		2										
3			Voyetra	-	1	--		0.0		3										
4			All Righ	-	1	--		0.0		4										
5	☺		Drums	0	1	10		0.0		5	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
6	🕒		Bass	39	1	4		0.0		6	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
7	☺		Melody	12	1	2		0.0		7	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
8	☺		Keyboz	5	1	3		0.0		8	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□



Type	Position	Channel	Parameters
Note	003:01:000 00:04:06:65	04	A2 107 064 00:00:080
Note	003:01:360 00:04:16:49	04	E3 107 064 00:00:330
Note	003:02:000 00:04:19:71	04	E3 107 064 00:00:330
Note	003:02:360 00:05:05:35	04	A2 107 064 00:01:000
Note	003:03:360 00:05:18:21	04	E3 107 064 00:00:080
Note	003:04:000 00:05:21:42	04	E3 107 064 00:00:360
Note	003:04:360 00:06:07:07	04	A2 107 064 00:00:085
Note	004:01:000 00:06:10:28	04	A2 107 064 00:00:360
Note	004:01:360 00:06:19:92	04	E3 107 064 00:00:080
Note	004:02:000 00:06:23:14	04	E3 107 064 00:00:330
Note	004:02:360 00:07:08:78	04	A2 107 064 00:00:085
Note	004:03:000 00:07:11:99	04	A2 107 064 00:00:360
Note	004:03:360 00:07:21:64	04	E3 107 064 00:00:080
Note	004:04:000 00:08:00:85	04	E3 107 064 00:00:240
Note	004:04:240 00:08:07:28	04	E2 107 064 00:00:240
Note	005:01:000 00:08:13:71	04	A2 107 064 00:00:360

## *Możliwości aranżacyjne*

---

Możliwości aranżacyjne sekwencerów:

- dodawanie i usuwanie nut,
- zmiana metrum, tempa
- transpozycja,
- kwantyzacja – wyrównywanie położenia i wartości (długości) nut
- „humanizacja” – wprowadzenie losowych „nierówności” w grze

## Współczesne sekwencery

---

Współczesne oprogramowanie muzyczne najczęściej łączy w sobie dwie funkcje:

- wielościeżkowego edytora dźwiękowego
- sekwencera – dla kodu MIDI

Program udostępnia ścieżki audio i ścieżki MIDI.

Na ścieżce MIDI można umieszczać wtyczki, najczęściej w formacie **VSTi** (*VST instrument*).

Wirtualny instrument VST jest sterowany za pomocą kodów MIDI. Generuje dźwięki na podstawie przesłanych poleceń (wysokości nut, parametry syntezy, itp.).

## Współczesne sekwencery

---

Na ścieżce MIDI umieszcza się wirtualny instrument w postaci wtyczki, np. **VSTi**.

- W trybie nagrywania na ścieżce rejestrowany jest kod MIDI, sterujący wirtualnym instrumentem.
- Możliwa jest edycja (modyfikacje, poprawki, dodawanie) zapisanych sekwencji.
- Podczas odtwarzania program używa zapisanego kodu MIDI do sterowania wirtualnym instrumentem.
- Dźwięk jest generowany na żywo.

## Host VST

---

- Wtyczka VSTi jedynie odbiera polecenia MIDI i generuje żądane dźwięki.
- Wysyłaniem i odbieraniem danych zajmuje się program **host** VST („zarządca”).
- Twórca VST może skupić się tylko na generowaniu dźwięków.

Prosty host VST do testowania instrumentów:

SAVIHost (<http://www.hermannseib.com/english/savihost.htm>)

Wystarczy umieścić plik savihost.exe w katalogu obok wtyczki VST i zmienić jego nazwę na taką, jaką ma plik dll wtyczki, np. na synth1.exe.

# Literatura

---

- MIDI: [www.midi.org](http://www.midi.org)
- MIDI *Tech Specs & Info*:  
<http://www.midi.org/techspecs/>
- David Miles Huber: *The MIDI manual: a practical guide to MIDI in the project studio*. Focal Press 2007.
- Wikipedia (wersja angielska)
- Program *Music Studio Producer*: [www.friever.com](http://www.friever.com)
- SAVIHost (host wtyczek VST):  
<http://www.hermannseib.com/english/savihost.htm>
- VST SDK (Steinberg), dla twórców wtyczek VST:  
[http://ygrabit.steinberg.de/~ygrabit/public\\_html/index.html](http://ygrabit.steinberg.de/~ygrabit/public_html/index.html)
- Katalog darmowych instrumentów VST:  
<http://www.vst4free.com/>