



# Formati Audio

## Parte 2

---

Prof. Filippo Milotta  
milotta@dmi.unict.it



# MIDI (1983)

- MIDI: *Musical Instrument Digital Interface*
- Protocollo standard per la comunicazione tra dispositivi hardware
  - Oggi si orienta verso applicazioni multimediali
- Con MIDI si intendono 3 aspetti:
  - **Protocollo** (le regole)
  - **Interfaccia** (l'hardware)
  - **Formato** (SMF: Standard MIDI File)



# 1983 – Nascita di MIDI

(dal blocco di slide 0)

- Musical Instrument Digital Interface (MIDI)
- Il MIDI rappresenta un linguaggio comune per far dialogare fra loro computer, sintetizzatori e altro hardware





# 1985 – Atari rilascia ST (dal blocco di slide 0)

- L'Atari ST aveva porte MIDI



- Negli anni '80 era il computer più richiesto da ogni musicista





# Principi di definizione

- Necessità di far comunicare sintetizzatori musicali di case produttrici diverse
  - Rappresentazioni diverse
  - Sincronizzazione del flusso dati
    - Velocità di trasmissione fissate
    - Segnali temporizzati di sincronizzazione
  
- «Protocollo» MIDI, un esempio operativo:
  1. Performance musicale
  2. Codifica dati MIDI
  3. Trasferimento (o memorizzazione)
  4. Decodifica e sintetizzazione



# Principi di definizione

## ■ Sequencer

- E' un sistema di registrazione ed esecuzione
  - Dotato di memoria programmabile
  - Consente l'editing
- 
- Per i sequencer, il MIDI è il protocollo standard per la memorizzazione dei suoni
- 
- Il MIDI ha solo un controllo indiretto sul suono
    - La qualità timbrica dipende dal modulo di sintesi



# Principi di definizione

## Un esempio per analogia

- Il compositore di musica
  - Una partitura fornisce le istruzioni per gli esecutori
    - (come il protocollo MIDI)
  - La sintesi del suono dipende però dai gesti degli esecutori stessi e dalla qualità degli strumenti a loro disposizione



# Tipi di informazione

- Canali (da 1 a 16)
  - Implementano il concetto di **strumento**
  - Timbri differenziabili simultaneamente
  - Tutti i messaggi indirizzati a un canale vengono associati allo stesso timbro
- Tracce (da 1 a n)
  - Implementano concetti come **partiture** e **mixing**
  - Permettono una distinzione logica, di contenuto
    - Es.: un brano per due pianoforti, le varie voci in un brano per un singolo pianoforte, distinguere melodia e accompagnamento



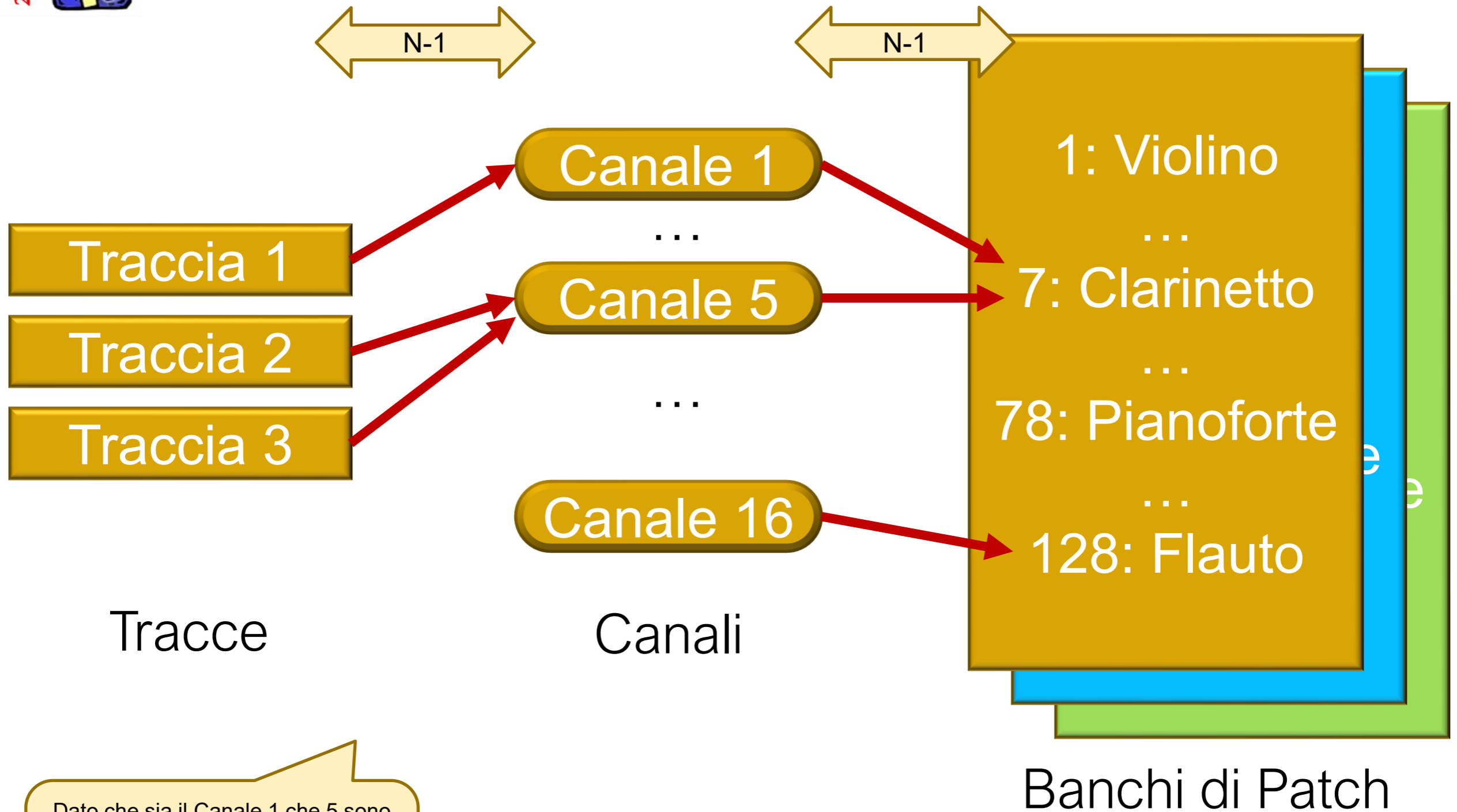


# Tipi di informazione

- Patch (da 1 a 128)
  - Implementano il concetto di **timbro**
- Banchi (da 1 a n)
  - Permettono di **incrementare il numero di patch** disponibili (128 è un numero basso)
- Relazioni N-a-1 fra
  - Tracce-Canali
  - Canali-Patch



# Tracce, canali, patch, banchi



Dato che sia il Canale 1 che 5 sono associati al timbro Clarinetto, perché potrebbe avere senso associare le tracce 1, 2, e 3 a canali diversi invece che allo stesso?



# Tipi di informazione: il concetto di «scambio di messaggi»

- Esempio: suonare una nota
  - L'esecuzione di una nota viene codificata mediante due messaggi di inizio e fine
    - **Note On – Note Off**
  - La **velocity** caratterizza la velocità di completamento della fase di inizio e fine
  - L'**aftertouch** indica eventuali variazioni nella pressione
    - Vedi effetto **Tremolo**
  - Il **pitch** indica l'altezza di una nota, con **128** valori possibili
    - Più che sufficienti per un pianoforte (88 tasti)

In che modo velocity e volume sono correlati?



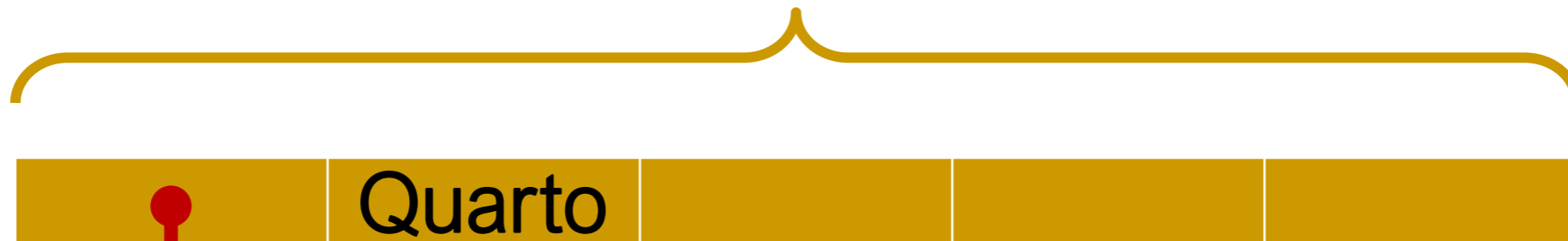
# Informazione temporale

- Ogni dispositivo MIDI è dotato di un **clock** per ordinare i messaggi
- L'unità di misura base sono i **tick**
  - I tick sono anche detti **Parti-Per-Quarto (PPQ)**
  - Variabile da 24 a 4096  
(sempre un **multiplo o potenze di 2**)
  - I PPQ non sono un'unità di misura assoluta, ma un'unità relativa alla definizione di Quarto
- Il numero di Quarti in un minuto è indicato dai **Beat-Per-Minuto (BPM)**
  - Variabile da 40 a 240



# Informazione temporale

BPM (1 minuto)



Quanto dura 1 tick?



PPQ



# Informazione temporale

## ■ Esercizio: Quanto dura 1 tick?

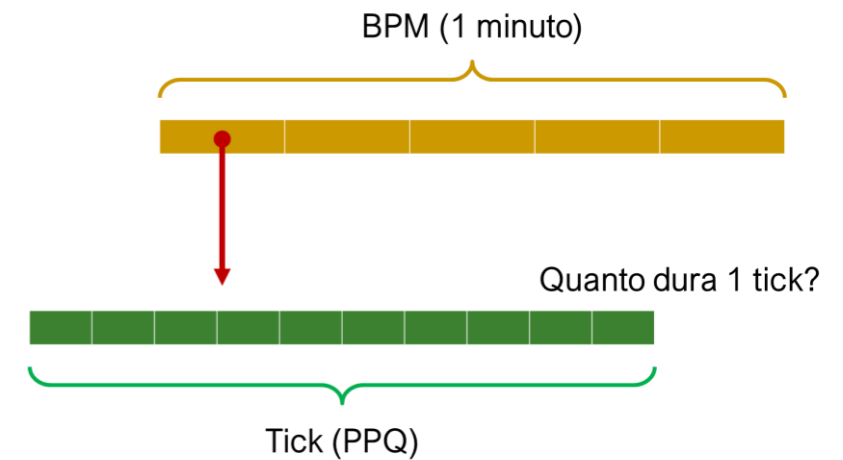
- BPM = 120
- PPQ = 24

### □ Durata di un beat (o quarto)

- $60 \text{ secondi} / 120 \text{ beat-per-minuto} = 0,5 \text{ secondi}$

### □ Durata di un tick (o parte)

- $0,5 \text{ secondi-per-beat} / 24 \text{ PPQ} = 0,02 \text{ secondi}$

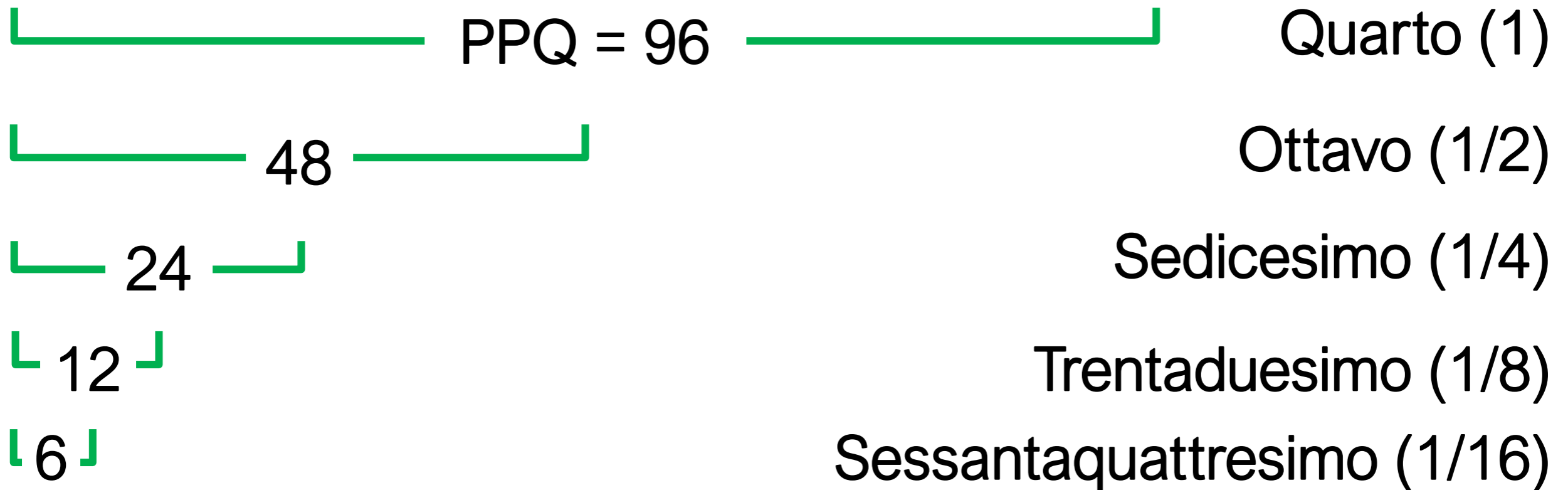




# Informazione temporale Division e Risoluzione

Paragonabile al campionamento:  
una division più alta sarebbe  
come avere più campioni a  
disposizione per segnalare degli  
eventi all'interno del Quarto

- La grandezza del PPQ è detta **Division**
- Maggiore è la Division, maggiore sarà la risoluzione temporale possibile





# Informazione temporale Division e Risoluzione

- Ma se dovessi rappresentare, ad esempio, 3 note per Quarto, avrei davvero bisogno di 96 parti?

┌────────────────── PPQ = 96 ───────────────────┐ Quarto (1)





# Informazione temporale

## Division e Risoluzione

- Ma se dovessi rappresentare, ad esempio, 3 note per Quarto, avrei davvero bisogno di 96 parti (tick)? → No, ne basterebbero meno



Potremmo fare lo stesso con PPQ = 6, ma non con PPQ = 3. Perché? (→ slide 12)



# Protocollo MIDI

## Struttura generale dei messaggi

- I messaggi MIDI sono sequenze di parole di 10 bit, ma poiché il primo e l'ultimo indicano inizio e fine della parola possiamo considerare parole di 8 bit (1 byte)

Start	Bit 1	Bit 2	Bit 3	Bit 4	Bit 5	Bit 6	Bit 7	Bit 8	Stop
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------



# Protocollo MIDI

## Struttura generale dei messaggi

- Il primo bit serve a distinguere fra
  - Bit1=1 → **Status byte**
    - Identificano le tipologie di messaggi
  - Bit1=0 → **Data byte**
    - Contengono i parametri dei messaggi

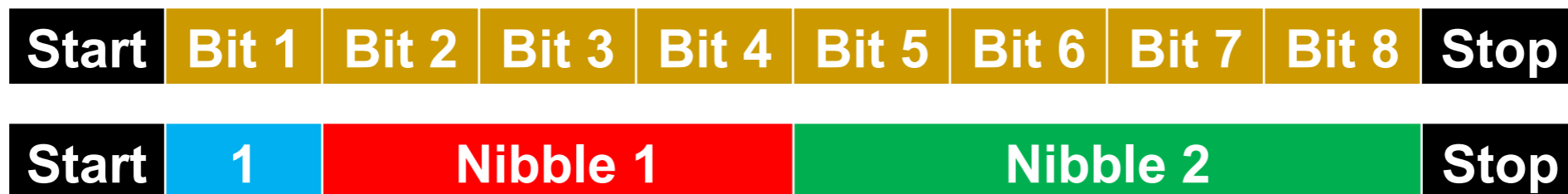




# Protocollo MIDI

## Struttura generale dei messaggi

- Gli Status Byte possono essere di 2 tipi:
  - **Messaggi di canale** (*channel message*)
    - Operazioni come produzione di una nota, cambio timbro
  - **Messaggi di sistema** (*system message*)
    - Operazioni come timing, sincronizzazione, specifiche
  - Il Nibble 1 identifica quale dei 2 tipi
    - Da 000 a 110 → **Channel Message**
    - 111 → **System Message**





# Tipologia dei messaggi MIDI

## ■ Message Type

### □ Channel Message (singolo canale)

#### ■ *Voice Message*

- Cosa deve suonare uno strumento

#### ■ *Mode Message*

- Comportamento rispetto ai Voice Message

### □ System Message (tutto il sistema)

#### ■ *Common Message*

#### ■ *Real Time Message*

#### ■ *Exclusive Message*

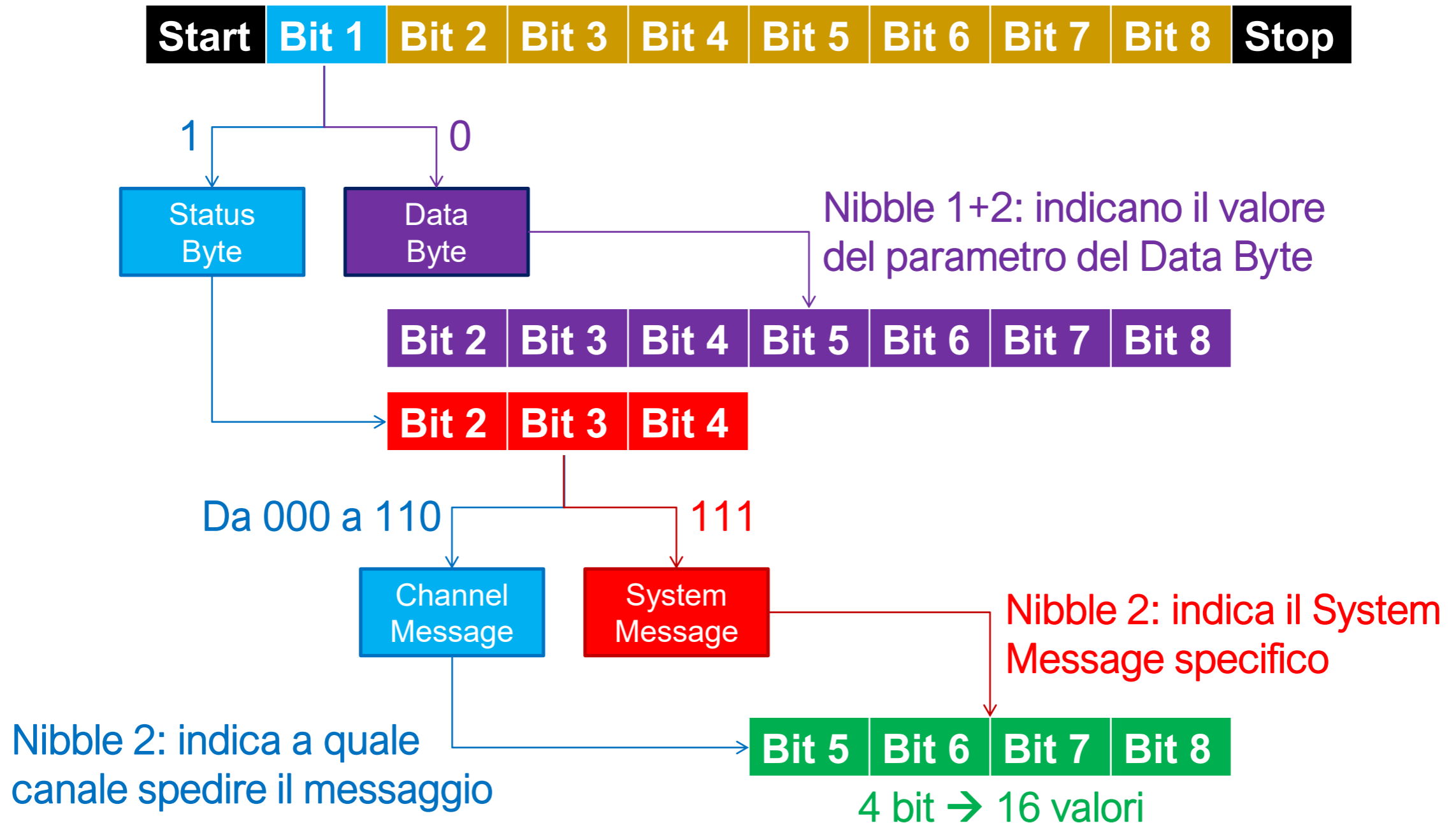
Fra i modi principali riportiamo:

- **Omni On Poly** : tutti i canali e tracce attive
- **Omni On Mono** : tutti i canali attivi ma con una traccia sola (poco utile)
- **Omni Off Poly** : solo un canale attivo ma con tutte le tracce



# Protocollo MIDI

## Schema riassuntivo dei messaggi





# Channel Voice Message

## [0 0 1] Note On



- Indica di suonare una nota
- Il Nibble 2 ha 4 bit  $\rightarrow$  16 canali possibili
- Il Data Byte ha 7 bit a disposizione (Ni1+Ni2)
- 2 Data Byte:
  - 128 valori possibili per pitch
  - 128 valori possibili per velocity



# Channel Voice Message

## [0 0 0] Note Off



- Indica di smettere di suonare una nota
- Equivale ad un Note On con velocity = 0
  - Ottimizzazione:
    - Sostituire la coppia NoteOn+NoteOff con
    - Un solo NoteOn seguito da 2 coppie di Data Byte
      - La seconda coppia avrà velocity = 0





# Channel Voice Message

## [1 0 1] Channel Pressure (Aftertouch)



- Indica il **tremolo**
- Il Nibble 2 ha 4 bit → 16 canali possibili
- 1 Data Byte
  - Tipicamente si applica a tutte le note (pitch) attive sul canale, facendo una media
    - Per variare un singolo pitch: [010] Polyphonic Key Pressure
  - 128 valori possibili per variazione di pressione



# Channel Voice Message

## [1 1 0] Pitch Bend Change (Vibrato)



- Indica il **vibrato**
- Il Nibble 2 ha 4 bit → 16 canali possibili
- 2 Data Byte
  - 128x128 valori possibili per variazione di frequenza



# Channel Voice Message

## [1 0 0] Program Change

**Errata Corrige:**  
Il libro riporta erroneamente il Nibble 1 pari a 110, mentre la definizione corretta per il Program Change è 100



- Usati per il cambio timbro
- Usato per qualsiasi esigenza di indicizzazione
- Il Nibble 2 ha 4 bit → 16 canali possibili
- Il Data Byte ha 7 bit a disposizione (Ni1+Ni2)
  - 128 indici possibili



# Channel Voice Message

## [0 1 1] Control Change



- Si riferiscono a vari eventi:
  - Controllo del fiato, pedale di sostegno, pan, cambio di banco di filtri
- Il Nibble 2 ha 4 bit → 16 canali possibili
- 2 Data Byte
  - 128x128 valori possibili
    - Es.: DataByte#1 : 00000000 ← Cambio Banco
    - DataByte#2 : 00000100 ← Banco numero 4



# Channel Voice Message

## L'elenco completo

1. 000 : Note Off
2. 001 : Note On
3. 010 : Polyphonic Key Pressure
4. 011 : Control Change
5. 100 : Program Change
6. 101 : Channel Pressure (tremolo)
7. 110 : Pitch Bend Change (vibrato)



# System Message

- **Common Message**
  - **MIDI Time Code (MTC) Quarter Frame**
    - Per avere un riferimento temporale assoluto
  - **Song Position Pointer**
    - Indicizza all'interno di una song (insieme di messaggi)
  - **Song Select**
    - Seleziona una song
  - **Tune Request**
    - Richiesta di verifica di accordatura (poco usato)



# System Message

## ■ Real Time Message

### □ MIDI Clock

- Per avere un riferimento temporale relativo (alla sincronizzazione)

### □ Start / Continue / Stop

- Gestione attivazione dei sistemi MIDI

### □ Active Sensing

- Mantiene aperta la connessione fra due device

### □ System Reset

- Reimposta la configurazione del device



# System Message

- **Exclusive Message (SysEx)**
  - Utilizzati dai costruttori per specificare informazioni relative ai loro prodotti
  - Sono gli unici messaggi ad avere 2 Status Byte (apertura e chiusura di un SysEx)
  - Se non riconosciuti dai device vengono ignorati
- Anche se il Nibble 2 potrebbe indicizzare 16 System Message, ne sono stati definiti solo 11 (c'è spazio per altri 5)





# Evoluzioni del MIDI

- General MIDI (GM, o GM1)
  - Miglioramento della gestione delle patch (timbri)
- General Standard (GS) – Roland
  - Aggiunto il messaggio per cambiare banco
- Standard XG – Yamaha
  - Aggiunta di ulteriori patch (timbri)