



ΤΜΗΜΑ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ

Ψηφιακές Αναπαραστάσεις τη Μουσικής

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<!DOCTYPE score-partwise PUBLIC
  "-//Recordare//DTD MusicXML 3.1 Partwise//EN"
  "http://www.musicxml.org/dtds/partwise.dtd">
<score-partwise version="3.1">
  <part-list>
    <score-part id="P1">
      <part-name>Music</part-name>
    </score-part>
  </part-list>
  <part id="P1">
    <measure number="1">
      <attributes>
        <divisions>1</divisions>
        <key>
          <fifths>0</fifths>
        </key>
        <time>
          <beats>4</beats>
          <beat-type>4</beat-type>
        </time>
        <clef>
          <sign>G</sign>
          <line>2</line>
        </clef>
      </attributes>
      <note>
        <pitch>
          <step>C</step>
          <octave>4</octave>
        </pitch>
        <duration>4</duration>
        <type>whole</type>
      </note>
    </measure>
  </part>
</score-partwise>

```

0	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F				
0	0	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	-	-	-			
1	1	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1						
2	2	23	24						2B	2							
3	3	33	34						3B	3							
4	40	41	42	43	44				4B	4							
5	50	51	52	53	54				5B	5C	5D	5E	5F				
6						64	65	66	67	68	69	6A	6B	6C	6D	6E	6F
7						74	75	76	77	78	79	7A	7B	7C	7D	7E	7F
8						84	85	86									
9	90	91	92	93	94	95	96										

Χ. Αλεξανδράκη

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<b>1</b>	<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	<b>5</b>
2.1	ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ .....	5
2.2	ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΚΑΙ ΜΟΥΣΙΚΗ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ .....	6
2.3	ΓΝΩΣΤΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ .....	7
2.3.1	<i>MIDI</i> .....	7
2.3.2	<i>OSC</i> .....	8
2.3.3	<i>ZIP</i> .....	8
2.3.4	<i>SKINI</i> .....	8
2.3.5	<i>mLAN</i> .....	9
<b>3</b>	<b>ΑΠΟ ΤΑ ΑΝΑΛΟΓΙΚΑ ΣΤΑ ΨΗΦΙΑΚΑ SYNTHESIZERS</b> .....	<b>10</b>
3.1	ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ .....	10
3.2	MODULAR SYNTHESIZERS ΚΑΙ ΤΑ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥΣ.....	13
3.3	ΨΗΦΙΑΚΑ SYNTHESIZERS ΚΑΙ Η ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΤΟΥ MIDI .....	14
3.3.1	<i>YAMAHA DX7</i> .....	16
3.3.2	<i>KORG M1</i> .....	16
<b>4</b>	<b>ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ MIDI</b> .....	<b>18</b>
4.1	ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ.....	18
4.2	ΤΙ ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΥΝ ΟΙ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΤΟΥ MIDI .....	18
4.3	ΣΥΣΚΕΥΕΣ MIDI.....	19
4.3.1	<i>MIDI Controllers</i> .....	20
4.3.1.1	Εξομοιωτές φυσικών μουσικών οργάνων.....	20
4.3.1.1.1	Πλήκτρα .....	20
4.3.1.1.2	Κιθάρα .....	21
4.3.1.1.3	Κρουστά (Percussion) Controllers .....	23
4.3.1.1.4	Πνευστά .....	23
4.3.1.1.5	Μετατροπείς Pitch-to-MIDI .....	24
4.3.1.2	Βοηθητικοί Ελεγκτές.....	24
4.3.1.3	Πειραματικοί ελεγκτές .....	25
4.3.2	<i>MIDI Tone Generators (ή Sound Modules)</i> .....	26
4.3.3	<i>MIDI Synthesizers</i> .....	28
4.3.4	<i>Sequencers</i> .....	28
4.3.5	<i>Συσκευές δρομολόγησης</i> .....	29
<b>5</b>	<b>ΟΙ HARDWARE ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΤΟΥ MIDI</b> .....	<b>30</b>
5.1	ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ MIDI.....	30
5.2	ΣΕΙΡΙΑΚΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ.....	31
5.3	ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΚΑΙ ΑΣΥΓΧΡΟΝΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ.....	32
5.4	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΑΙ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	32
5.5	MIDI ΘΥΡΕΣ.....	33
5.6	ΟΠΤΙΚΗ ΜΟΝΩΣΗ .....	34
5.7	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ .....	35
5.8	ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ INTERRUPT BUFFER.....	36
5.9	MIDI ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ.....	37
5.9.1	<i>MIDI IN &amp; MIDI OUT (βασική σύνδεση)</i> .....	37
5.9.2	<i>MIDI THRU</i> Θύρα.....	39
5.10	ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ .....	39
5.10.1	<i>MIDI THRU Box</i> .....	40
5.10.2	<i>MIDI Merger</i> .....	40
5.10.3	<i>MIDI Patch</i> .....	41

5.11	ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ.....	42
<b>6</b>	<b>ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ MIDI .....</b>	<b>43</b>
6.1	ΣΥΝΤΑΞΗ ΜΗΝΥΜΑΤΩΝ.....	43
6.2	MIDI ΚΑΝΑΛΙΑ ΚΑΙ ΔΙΕΥΘΥΝΣΙΟΔΟΤΗΣΗ .....	44
6.2.1	Διευθυνσιοδότηση στο Daisy Chain Network.....	44
6.2.2	MIDI Κανάλια και MIDI Προγράμματα.....	45
6.3	ΕΙΔΗ ΜΗΝΥΜΑΤΩΝ .....	45
6.3.1	Channel Messages.....	46
6.3.2	System Messages .....	47
6.4	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΡΙΘΜΗΣΗΣ (ΔΥΑΔΙΚΟ, ΔΕΚΑΔΙΚΟ ΔΕΚΑΕΞΑΔΙΚΟ) .....	48
6.5	ΣΥΝΟΨΗ ΜΗΝΥΜΑΤΩΝ .....	50
6.6	ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ.....	52
<b>7</b>	<b>CHANNEL VOICE MESSAGES .....</b>	<b>53</b>
7.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	53
7.2	NOTE ON ΜΗΝΥΜΑ.....	53
7.2.1	Velocity Controller.....	54
7.3	NOTE OFF ΜΗΝΥΜΑ.....	55
7.4	PROGRAM CHANGE ΜΗΝΥΜΑ .....	56
7.5	ΠΟΛΥΦΩΝΙΑ ΚΑΙ ΠΟΛΥΧΡΩΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ .....	56
7.5.1	Κατανομή φωνών.....	57
7.6	ΤΙ ΠΡΟΒΛΕΠΕΙ ΤΟ GENERAL MIDI ΓΙΑ ΤΟ PROGRAM CHANGE.....	58
7.6.1	Ελάχιστες Απαιτήσεις του GM .....	59
7.6.2	Ερμηνεία Παραμέτρων στο GM .....	59
7.7	SOUND BANKS ΚΑΙ SOUND FONTS.....	61
7.8	AFTERTOUCH .....	62
7.8.1	Polyphonic Key Pressure.....	62
7.8.2	Channel Aftertouch .....	63
7.9	PITCH BEND ΜΗΝΥΜΑ .....	64
7.10	CONTROL CHANGE .....	66
7.10.1	Συνεχείς controllers διπλής ανάλυσης (0-63/0x00 – 0x3F) .....	73
7.10.1.1	Bank Select (0/0x00 coarse – 32/0x20 fine).....	76
7.10.1.2	Modulation (1/0x01 coarse – 33/0x21 fine) .....	76
7.10.1.3	Breath Controller (2/0x02 coarse – 34/0x22 fine) .....	76
7.10.1.4	Foot Controller (4/0x04 coarse – 36/0x24 fine) .....	76
7.10.1.5	Portamento Time (5/0x05 coarse – 37/0x25 fine) .....	76
7.10.1.6	Data Entry (6/0x06 coarse – 38/0x26 fine) .....	77
7.10.1.7	Main Volume (7/0x07 coarse – 39/0x27 fine).....	77
7.10.1.8	Balance (8/0x08 coarse – 40/0x28 fine).....	77
7.10.1.9	Pan (10/0x0A coarse – 42/0x2A fine).....	78
7.10.1.10	Expression (11/0x0B coarse – 43/0x2B fine).....	78
7.10.1.11	General Purpose (16-19/0x10-0x13 coarse – fine 48-51/0x30 – 0x33) .....	78
7.10.2	Διακόπτες (64-69).....	78
7.10.2.1	Damper Pedal ή Hold (64/0x40).....	79
7.10.2.2	Portamento On/Off (65/0x41).....	79
7.10.2.3	Sostenuto On/Off (66/0x42).....	79
7.10.2.4	Soft pedal On/Off (68/0x43).....	79
7.10.2.5	Legato Footswitch (68/0x44).....	79
7.10.2.6	Hold 2 (69/0x45).....	80
7.10.3	Συνεχείς controllers απλής ανάλυσης (70-119/0x46 –0x77) .....	80
7.10.3.1	Sound Controllers (70-79/ 0x46 – 0x4F).....	80
7.10.3.2	Portamento Controller (84/54H).....	80
7.10.3.3	Effects Controllers (91-95/0x5B – 0x 5F).....	81
7.10.3.4	Data Increment (96/0x60) & Data Decrement (97/0x61) .....	81
7.10.3.5	Registered and non-Registered Παράμετροι .....	82

7.11	ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ.....	82
<b>8</b>	<b>CHANNEL MODE MESSAGES.....</b>	<b>83</b>
8.1	ALL SOUNDS OFF (120/0x78) .....	83
8.2	RESET ALL CONTROLLERS(121/0x79) .....	83
8.3	LOCAL ON/OFF (122/0x7A) .....	84
8.4	ALL NOTES OFF (123/0x7B) .....	85
8.5	OMNI ON/OFF – POLY & MONO ΜΗΝΥΜΑΤΑ .....	85
8.5.1	<i>Omni Mode OFF (124/0x7C)</i> .....	85
8.5.2	<i>Omni Mode ON (125/0x7D)</i> .....	85
8.5.3	<i>Mono Mode ON (126/0x7E)</i> .....	86
8.5.4	<i>Poly Mode ON (127/0x7F)</i> .....	86
8.6	MIDI MODES .....	86
8.7	MODE 1 (OMNI ON/POLY).....	86
8.8	MODE 2 (OMNI ON/MONO) .....	87
8.9	MODE 3 (OMNI OFF/POLY).....	87
8.10	MODE 4 (OMNI OFF/MONO).....	88
8.11	ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ.....	89
<b>9</b>	<b>RUNNING STATUS.....</b>	<b>90</b>
9.1	ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ RUNNING STATUS.....	90
9.2	RUNNING STATUS BUFFER.....	91
9.3	ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ.....	92
<b>10</b>	<b>SYSTEM ΜΗΝΥΜΑΤΑ.....</b>	<b>93</b>
10.1	SYSTEM EXCLUSIVE .....	94
10.1.1	<i>Manufacturer ID</i> .....	94
10.1.2	<i>Universal System Exclusive</i> .....	96
10.2	SYSTEM COMMON MESSAGES .....	96
10.2.1	<i>MIDI Time Code Quarter Frame - MTC (0xF1)</i> .....	96
10.2.2	<i>Song Position Pointer- SPP (0xF2)</i> .....	97
10.2.3	<i>Song Select (0xF3)</i> .....	97
10.2.4	<i>Tune Request (0xF6)</i> .....	98
10.3	SYSTEM REAL TIME ΜΗΝΥΜΑΤΑ .....	98
10.3.1	<i>Timing Clock Μηνύματα (0xF8)</i> .....	98
10.3.2	<i>Start Μηνύματα (0xFA)</i> .....	99
10.3.3	<i>Continue Μηνύματα (0xFB)</i> .....	99
10.3.4	<i>Stop Μηνύματα (0xFC)</i> .....	100
10.3.5	<i>Active Sensing (0xFE)</i> .....	100
10.3.6	<i>System Reset (0xFF)</i> .....	100
10.4	ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ.....	101
<b>11</b>	<b>ΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ .....</b>	<b>102</b>
<b>12</b>	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>103</b>

---

## 1 ΠΡΟΛΟΓΟΣ

---

Το μάθημα «Πρωτόκολλα Μουσικής Επικοινωνίας» έχει ως στόχο τη γνωριμία των σπουδαστών με τα πρωτόκολλα ελέγχου ηλεκτρονικών μουσικών οργάνων και συναφών διατάξεων.

Ένα μέρος των σημειώσεων αυτών προέρχεται από παλαιότερες σημειώσεις του συναδέλφου Χρίστου Χουσίδη, οι οποίες διανέμονταν στα πλαίσια των μαθημάτων MIDI I και MIDI II του παλαιότερου προγράμματος σπουδών. Με την αναμόρφωση του προγράμματος σπουδών του 2007, το μάθημα Πρωτόκολλα Μουσικής Επικοινωνίας ενσωμάτωσε στην ύλη του τα μαθήματα MIDI I και μέρος του MIDI II.

Το πρωτόκολλο στο οποίο επικεντρωνόμαστε σε αυτό το μάθημα είναι το MIDI το οποίο αποτελεί βιομηχανικό πρότυπο και είναι ιδιαίτερα δημοφιλές, όχι μόνο για μουσικές εφαρμογές αλλά και για έλεγχο άλλων ηλεκτρονικών διατάξεων.

Το αντικείμενο του μαθήματος θα σας βοηθήσει στην κατανόηση της ύλης διαφόρων μαθημάτων επόμενων εξαμήνων, όπως:

- Ηλεκτρονικά Μουσικά Όργανα
- Συστήματα Μικροεπεξεργαστών
- Ηχοληψία
- Σύνθεση ήχου

## 2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

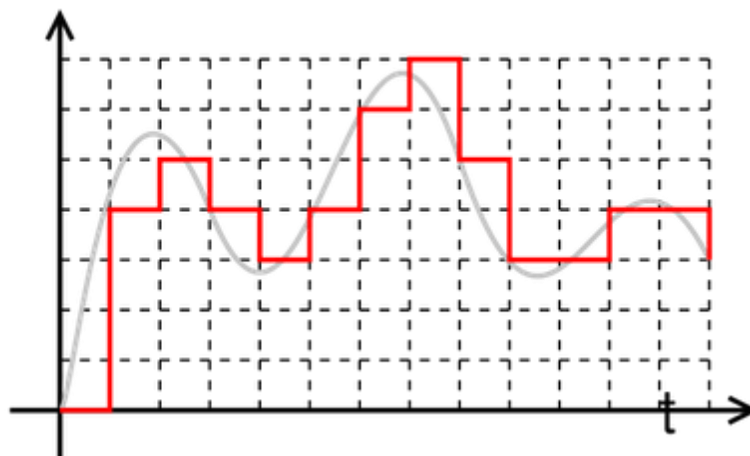
### 2.1 Τι είναι το πρωτόκολλο επικοινωνίας

Ο όρος «πρωτόκολλο επικοινωνίας» αναφέρεται στο σύνολο των κανόνων που διέπουν την επικοινωνία ανάμεσα σε δύο ή περισσότερες μονάδες υλικού ή/και λογισμικού. Με άλλα λόγια ως πρωτόκολλο θεωρείται η γλώσσα (ως σύνταξη και σημασιολογία) που χρησιμοποιείται για την επικοινωνία τέτοιων μονάδων.

Όταν μιλάμε για επικοινωνία, κρίνεται σκόπιμο να διευκρινήσουμε τα εξής:

- α) Ποιά είναι η μορφή της επικοινωνίας: αναλογική ή ψηφιακή
- β) Ποιο είναι το περιεχόμενο της πληροφορίας που μεταφέρεται: εντολές ή πολυμεσική πληροφορία
- γ) Ποιο είναι το μέσο που χρησιμοποιείται για την επικοινωνία: ενσύρματο ή ασύρματο, απλή επικοινωνία ή επικοινωνία μέσω δικτύου υπολογιστών

Προφανώς, ανεξάρτητα από το περιεχόμενο και το μέσο της επικοινωνίας η μεταφορά δεδομένων μπορεί να επιτελείται είτε αναλογικά είτε ψηφιακά. Θεωρείται σκόπιμο εδώ να ξεκαθαρίσουμε τη διαφορά ανάμεσα στην αναλογική και την ψηφιακή επικοινωνία. Σε κάθε περίπτωση, η επικοινωνία ανάμεσα σε δύο ή περισσότερες ηλεκτρονικές συσκευές επιτελείται με την ανταλλαγή εναλλασσόμενης ηλεκτρικής τάσης. Όταν η τάση αυτή συνιστά μεταβλητό σήμα το οποίο παίρνει συνεχείς τιμές τόσο στο χρόνο όσο και στο πλάτος, τότε μιλάμε για αναλογική επικοινωνία. Τα αναλογικά σήματα έχουν το βασικό μειονέκτημα της ευαισθησίας στο θόρυβο λόγω τυχαίων μεταβολών πλάτους και κατά συνέπεια τη σταδιακή παραμόρφωσή τους όταν μεταδίδονται σε απόσταση. Αντίθετα, κατά την ψηφιακή επικοινωνία η τάση μεταδίδεται σε διακριτές κβαντισμένες τιμές οι οποίες συνιστούν τμήματα τετραγωνικών παλμών (Σχήμα 2-1). Επομένως οι τιμές πλάτους δεν είναι συνεχείς και η μεταφορά τους παρουσιάζει μικρότερη ευαισθησία σε τυχαίες μεταβολές καθώς με επαρκή ανάλυση σταθμών πλάτους και συχνότητα δειγματοληψίας, ανακτώνται μέσα στα προκαθορισμένα όρια τιμών.



Σχήμα 2-1: Αναλογική και ψηφιακή επικοινωνία

Αναφορικά με το περιεχόμενο της πληροφορίας μπορούμε να διακρίνουμε δύο βασικούς τύπους επικοινωνίας: την επικοινωνία ελέγχου και την επικοινωνία ροών. Ο επίσημος όρος για το διαχωρισμό των συναφών πρωτοκόλλων είναι **control protocols** και

**streaming protocols.** Στην επικοινωνία ελέγχου η πληροφορία που μεταφέρεται δεν έχει σα στόχο να αναπαραχθεί αυτούσια στον παραλήπτη, αλλά να ενεργοποιήσει κάποια λειτουργία του, δηλαδή η πληροφορία μεταφέρεται σε μορφή εντολών (π.χ. εντολές που στέλνονται σε μια τηλεόραση μέσω τηλεχειριστήριου). Εναλλακτικά, το περιεχόμενο της πληροφορίας που μεταφέρεται μπορεί να αφορά πληροφορία που πρέπει να αναπαραχθεί στη μονάδα του δέκτη (π.χ. τηλεοπτικό πρόγραμμα μέσω δικτύου επίγειας τηλεόρασης).

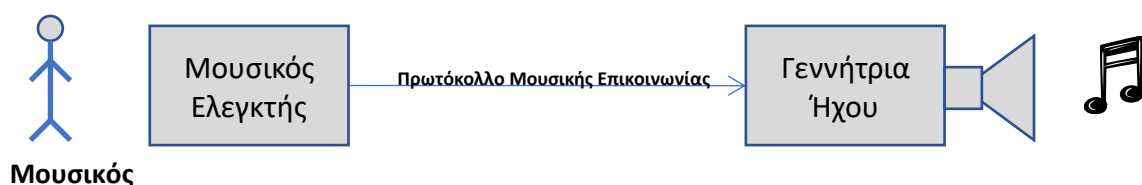
Τέλος, το μέσο μπορεί να είναι είτε ενσύρματο (μέσω καλωδίου) είτε ασύρματο, ενώ επίσης σημαντικός είναι ο διαχωρισμός ανάμεσα στο κατά πόσο στην επικοινωνία παρεμβάλεται δίκτυο υπολογιστών ή πρόκειται για απλή σύνδεση (ενσύρματη ή ασύρματη) απευθείας ανάμεσα σε δύο ή περισσότερες συσκευές.

Κατά κανόνα, όταν μιλάμε για «πρωτόκολλα επικοινωνίας» αναφερόμαστε σε ψηφιακή επικοινωνία και πιο συγκεκριμένα στο με ποιο τρόπο συντάσσονται οι διακριτές τιμές του ψηφιακού σήματος (π.χ. μήκος λέξης 16-bit) και τί ακριβώς σημαίνει η κάθε λέξη (δηλ. μία ακολουθία από 16-bit) όταν αυτή λαμβάνεται στο δέκτη της επικοινωνίας. Ανάλογα με τη χρήση του, η επικοινωνία με ένα τέτοιο πρωτόκολλο μπορεί να υλοποιείται είτε σε μορφή υλικού (hardware) υπό μορφή καλωδιώσεων και ηλεκτρονικών κυκλωμάτων είτε σε μορφή software εάν πρόκειται για επικοινωνία ανάμεσα σε δύο ή περισσότερα προγράμματα λογισμικού, τα οποία μπορεί να εκτελούνται στην ίδια ή σε διαφορετικές πλατφόρμες (δηλ. συσκευές και λειτουργικά συστήματα).

Μπορεί να αντιληφθεί κανείς ότι μια τέτοια γλώσσα, ένα πρωτόκολλο μπορεί να επινοηθεί από οποιονδήποτε προγραμματιστή ή ηλεκτρονικό προκειμένου να κάνει δύο μονάδες υλικού ή λογισμικού να επικοινωνούν μεταξύ τους. Παρόλαυτα, ο όρος πρωτόκολλο χρησιμοποιείται για γλώσσες επικοινωνίας οι οποίες έχουν προτυποποιηθεί μέσω κάποιου διεθνούς οργανισμού πιστοποίησης (IETF, ETSI κ.λπ.). Τέτοια πρότυπα έχουν σα στόχο τη δυνατότητα επικοινωνίας ανάμεσα σε μονάδες υλικού ή λογισμικού που μπορεί να προέρχονται από διαφορετικές εταιρίες κατασκευής.

## 2.2 Πρωτόκολλα και μουσική επικοινωνία

Ο όρος πρωτόκολλα μουσικής επικοινωνίας αναφέρεται σε ψηφιακά πρωτόκολλα επικοινωνίας όπου το περιεχόμενο της πληροφορίας που μεταφέρεται είναι εντολές. Πρόκειται δηλαδή για επικοινωνία ελέγχου και όχι για επικοινωνία ροών. Στην επικοινωνία ροών τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται είναι κατακόρων δικτυακά και δεν εξειδικεύονται στη μουσική αλλά σε πολυμεσική πληροφορία γενικότερα (streaming media).



Σχήμα 2-2: Η απλούστερη χρήση ενός πρωτοκόλλου μουσικής επικοινωνίας.

Έτσι, στο μάθημα αυτό θα μιλήσουμε για πρωτόκολλα ελέγχου τα οποία ως στόχο έχουν να ελέγξουν δύο ή περισσότερες μονάδες υλικού ή/και λογισμικού εκ των οποίων τουλάχιστον μία εξ' αυτών αποτελεί γεννήτρια ήχου.

Τα πρωτόκολλα μουσικής επικοινωνίας με παλαιότερο το πρωτόκολλο MIDI, το οποίο ακόμα και στις μέρες μας είναι το κυρίαρχο πρωτόκολλο, αναπτύχθηκαν από την ανάγκη να δημιουργηθεί ένα πρότυπο που θα έλυσε τα προβλήματα με τον έλεγχο των αναλογικών συνθετητών (synthesizers). Η μορφή του ελέγχου του ήχου στα αναλογικά synthesizers καθώς και τα προβλήματα που είχαν παρουσιάζονται αναλυτικότερα στο κεφάλαιο 3.

Στην απλούστερη μορφή του, ένα πρωτόκολλο μουσικής επικοινωνίας έχει τη χρήση που φαίνεται στο Σχήμα 2-2. Υπάρχουν δύο συσκευές: ο ελεγκτής τον οποίο προς το παρόν μπορείτε να το σκέφτεστε σα μία συσκευή με διάφορα κουμπάκια και μία γεννήτρια ήχου, δηλαδή μία δεύτερη συσκευή η οποία διαθέτει διάφορα κυκλώματα όπως ταλαντωτές, φίλτρα κ.λπ. και η οποία ανάλογα με την εντολή που καταφθάνει σε αυτή συνθέτει κάποιον ήχο που αντιστοιχεί στην εντολή που κατέφτασε. Οι εντολές παράγονται στην έξοδο του ελεγκτή ανάλογα με το χειρισμό που κάνει ο μουσικός, ενώ η γεννήτρια ήχου διαθέτει κάποια έξοδο ήχου (π.χ. line out).

Θα πρέπει να τονισθεί στο σημείο αυτό ότι το πρωτόκολλο επικοινωνίας δεν είναι σε καμία περίπτωση σήμα ήχου. Αντιθέτως είναι κάποια εντολή στην οποία περιλαμβάνονται τα χαρακτηριστικά του σήματος ήχου που πρέπει να αναπαραχθεί στη γεννήτρια. Για παράδειγμα, η εντολή αυτή μπορεί να καθορίζει το ποιο είναι το τονικό ύψος, η ένταση και η χροιά του ήχου που επιθυμεί ο μουσικός.

## 2.3 Γνωστά πρωτόκολλα μουσικής επικοινωνίας

Στις ακόλουθες υποενότητες περιγράφονται συνοπτικά τα μέχρι σήμερα γνωστά πρωτόκολλα μουσικής επικοινωνίας, που στοχεύουν στον έλεγχο ηλεκτρονικών μουσικών οργάνων. Δεν περιλαμβάνονται δηλαδή τα πρωτόκολλα για τη μεταφορά ψηφιακού ήχου.

### 2.3.1 MIDI

Το MIDI (Musical Instrument Digital Interface) είναι το παλαιότερο και το πλέον διαδεδομένο πρωτόκολλο μουσικής επικοινωνίας, το οποίο επιτρέπει σε ηλεκτρονικά μουσικά όργανα και άλλο εξοπλισμό να επικοινωνούν και να συγχρονίζονται μεταξύ τους ελέγχοντας το ένα το άλλο. Οι προδιαγραφές του αποτελούν διεθνές κατασκευαστικό πρότυπο το οποίο δημοσιεύτηκε για πρώτη φορά το 1983 ως MIDI Specification 1.0. Οι προδιαγραφές αυτές θεσπίστηκαν από τον οργανισμό MMA (MIDI Manufacturers Association) ο οποίος είναι στην ουσία μια κοινοπραξία από εταιρίες κατασκευαστών ηλεκτρονικών μουσικών οργάνων. Στις εταιρίες αυτές συγκαταλέγονται ονόματα όπως η YAMAHA, η KORG, η LEXICON κ.λπ.

Το MIDI είναι ένα πρωτόκολλο στο οποίο η πληροφορία που μεταφέρεται δεν αποτελεί σήμα ήχου αλλά εντολές που αφορούν το ποια νότα πρέπει να παιχθεί, το τονικό της ύψος κ.λπ. Επομένως το MIDI είναι ένα πρωτόκολλο προσανατολισμένο σε μουσικές εφαρμογές της δυτικής μουσικής (χρησιμοποιεί το συγκεκριμένο σύστημα τονικών υψών), ενώ λόγω του γεγονότος ότι εξ αρχής σχεδιάστηκε ως ένα φθηνά υλοποιήσιμο πρωτόκολλο (αναφορικά με τα ηλεκτρονικά κυκλώματα που απαιτούνται στον συμβατό εξοπλισμό) υιοθετήθηκε από πολλές κατασκευάστριες εταιρίες και έγινε εξαιρετικά δημοφιλές. Αν και το MIDI σχεδιάστηκε για έλεγχο συμβατικών μουσικών οργάνων (δηλ. που αναπαράγουν νότες) οι εντολές του μπορούν να χρησιμοποιηθούν γενικότερα για έλεγχο και μη συμβατικών ηλεκτρονικών οργάνων.

Η ιστοσελίδα του MIDI διατίθεται στη διεύθυνση <http://www.MIDI.org>

### 2.3.2 OSC

Το OSC (OpenSound Control) παρουσιάστηκε για πρώτη φορά το 1997 στο διεθνές συνέδριο ICMC (International Computer Music Conference). Το OSC σχεδιάστηκε από τους Adrian Freed και Matthew Wright στο CNMAT (Center for New Music and Audio Technologies) το οποίο είναι μια ερευνητική ομάδα στο Πανεπιστήμιο Berkeley της Καλιφόρνια.

Το OSC είναι ένα πρωτόκολλο το οποίο επίσης επιτρέπει την επικοινωνία ανάμεσα σε ηλεκτρονικά μουσικά όργανα, υπολογιστές και άλλες πολυμεσικές συσκευές μέσω της ανταλλαγής εντολών και πάνω από δίκτυο υπολογιστών. Κατά μία έννοια το OSC θεωρείται ότι έχει σα στόχο να αντικαταστήσει το MIDI καθώς παρουσιάζει δύο πλεονεκτήματα σε σχέση με το MIDI.

α) Το OSC δε βασίζεται σε νότες του συγκερασμένου συστήματος, όπως το MIDI, αλλά οι εντολές του έχουν τη μορφή λέξεων/ονομάτων τα οποία ορίζονται ανάλογα με την εφαρμογή στην οποία χρησιμοποιούνται. Επομένως, το OSC είναι πιο κατάλληλο για σύγχρονες πολυμεσικές εφαρμογές, όπως αλληλεπιδραστικές εγκαταστάσεις, έλεγχος ήχου και video σε πραγματικό χρόνο κ.ο.κ.

β) Ενώ το MIDI σχεδιάστηκε ως ένα πρωτόκολλο για μεταφορά δεδομένων σε συσκευές που συνδέονται απευθείας μεταξύ τους (με καλώδιο), το OSC είναι ένα δικτυακό πρωτόκολλο το οποίο επιτρέπει σε πολυμεσικές συσκευές να επικοινωνούν μέσω δικτύου υπολογιστών Ethernet ή Internet. Με αυτόν τον τρόπο το πρωτόκολλο συνδέει οποιοσδήποτε συσκευές έχουν τη δυνατότητα να συνδέονται στο δίκτυο είτε απευθείας είτε μέσω υπολογιστή, ενώ επίσης τα δεδομένα μπορούν να ανταλλάσσονται με μεγάλη ταχύτητα ακόμα και σε μακρινές αποστάσεις.

### 2.3.3 ZIPI

Το ZIPI (Zeta Instrument Processor Interface) ήταν ένα ερευνητικό έργο το οποίο προήλθε από τη συνεργασία της εταιρίας Zeta Instruments με την ερευνητική ομάδα CNMAT του Πανεπιστημίου UC Berkeley. Πρωτοδημοσιεύτηκε το 1994 σε άρθρο του επιστημονικού περιοδικού Computer Music Journal ως το νέας γενιάς πρωτόκολλο μεταφοράς δεδομένων ψηφιακών μουσικών οργάνων πάνω από IP δίκτυο.

Όμως κάθε πρωτόκολλο, προκειμένου να επιβιώσει στην κατασκευαστική βιομηχανία θα πρέπει να κατασκευαστούν προϊόντα που να το υποστηρίζουν. Για το ZIPI δεν αναπτύχθηκε ποτέ κανένα προϊόν, καμία συσκευή hardware, κι επομένως μπορεί πλέον να θεωρηθεί ότι το πρωτόκολλο αυτό αποτελεί ιστορία.

### 2.3.4 SKINI

Το SKINI (Synthesis toolKit Instrument Network Interface ) πρωτοεμφανίστηκε το 1995 και αναπτύχθηκε από τον Perry Cook (Princeton University) ως μέρος του STK (Synthesis Toolkit), το οποίο είναι μια προγραμματιστική βιβλιοθήκη για την ανάπτυξη εφαρμογών σύνθεσης ήχου, εξ' ολοκλήρου υλοποιημένο σε C++.

Το SKINI είναι ένα δικτυακό πρωτόκολλο το οποίο περιλαμβάνει και κατά μία έννοια επεκτείνει το πρωτόκολλο MIDI. Το SKINI σήμερα χρησιμοποιείται για ερευνητικούς σκοπούς που χρησιμοποιούν το STK ενώ δεν υπάρχουν γνωστά εργοστασιακά προϊόντα που να το χρησιμοποιούν.

### 2.3.5 mLAN

Το mLAN (Music Local Area Network) είναι ένα πρωτόκολλο για συγχρονισμένη μετάδοση και διαχείριση ψηφιακών σημάτων ήχου, video, ελέγχου και MIDI πάνω από IP δίκτυο. Το πρωτόκολλο αυτό κατά ένα μεγάλο μέρος του αξιοποιεί χαρακτηριστικά του προτύπου IEEE 1394 (FireWire) προκειμένου να προσφέρει δυνατότητες γρήγορης μετάδοσης και έξυπνης διαχείρισης δεδομένων.

Το mLAN αναπτύχθηκε και διατίθεται από την Yamaha Corporation. Πρωτοπαρουσιάστηκε το 2000 και πλέον διατίθεται ελεύθερα για υλοποίηση και από άλλες εταιρίες. Προς το παρόν το πρωτόκολλο αυτό δεν είναι ιδιαίτερα δημοφιλές.

---

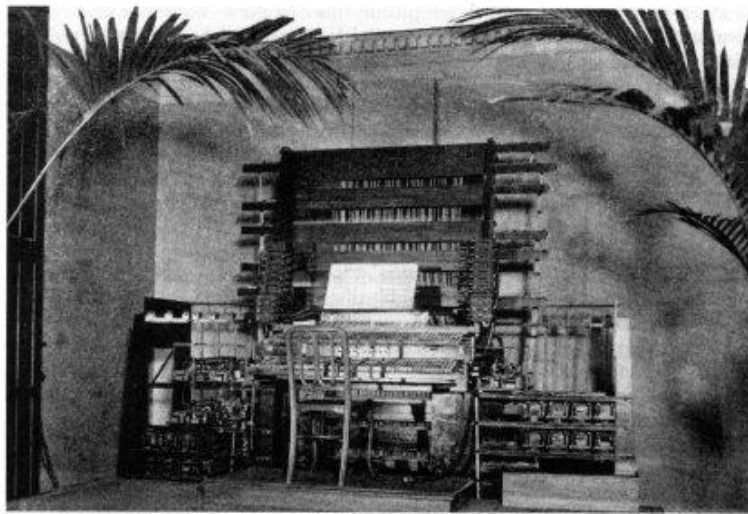
### 3 ΑΠΟ ΤΑ ΑΝΑΛΟΓΙΚΑ ΣΤΑ ΨΗΦΙΑΚΑ SYNTHESIZERS

---

Η εμφάνιση του MIDI το 1983 σχετίζεται στενά με την ανάπτυξη και την εξάπλωση των αναλογικών συνθετητών ήχου τη δεκαετία του '70. Για το λόγο αυτό, θεωρείται σημαντικό στα πλαίσια του μαθήματος να κάνουμε μια μικρή ιστορική αναδρομή [1] και μια αναφορά για τον τρόπο λειτουργίας των αναλογικών synthesizers.

#### 3.1 Ιστορική αναδρομή

Τα ηλεκτρικά μουσικά όργανα υπήρχαν ήδη σε κάποια αρχέγονη μορφή από τα τέλη του δέκατου ένατου αιώνα. Για παράδειγμα το Telharmonium (Σχήμα 3-1) κατασκευάστηκε από τον Thaddeus Cahill το 1897. Στο όργανο αυτό μεταφέρονταν ηλεκτρικές τάσεις μέσα από καλώδια ενώ ο ήχος αναπαράγονταν σε ηχεία με σχήμα κόρνου.

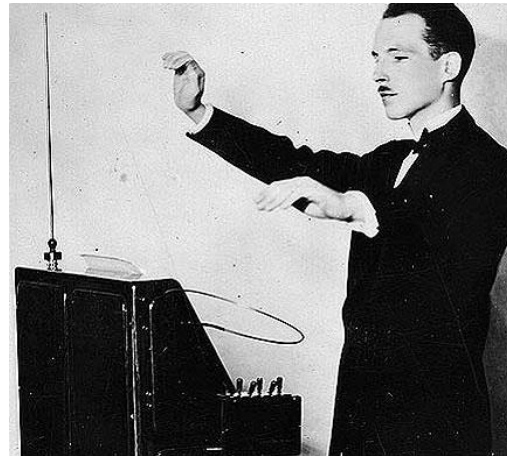


Σχήμα 3-1: Το telharmonium κατασκευάστηκε από τον Thaddeus Cahill το 1897.



Σχήμα 3-2: Το γαλλικό Ondes- Martenot

Στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα, στην Ευρώπη εμφανίστηκαν διάφορα ηλεκτρικά κατασκευάσματα που παρήγαγαν ήχο όπως το Γαλλικό Ondes-Martenot (Σχήμα 3-2), το Γερμανικό Pianorad και το Ρώσικο Theremin (Σχήμα 3-3).



Σχήμα 3-3: Pianorad και Theremin

Η ίδια η λέξη Synthesizer εμφανίστηκε γύρω στο 1950 με τα RCA Synthesizers I και II (Σχήμα 3-4). Αυτά τα synthesizers είχαν το μέγεθος ενός δωματίου κατασκευάστηκαν από την εταιρία RCA (Radio Corporation of America) και εγκαταστάθηκαν στο Πανεπιστήμιο της Columbia.



Σχήμα 3-4: RCA Synthesizers I και II

Πολύ σύντομα, από τα μέσα ακόμα της δεκαετίας του '50, έκαναν την εμφάνισή τους συνθετητές σε ποιο αποδεκτή μορφή και μέγεθος. Ανάμεσα στους πρωτοπόρους μηχανικούς της ηλεκτρονικής μουσικής της δεκαετίας του 70, συγκαταλέγονται ονόματα όπως ο Dr Robert Moog, ο Don Buchla, ο Harald Bode, ο Peter Zinovieff (γνωστός για την κατασκευή του VCS3 synthesizer - Σχήμα 3-5) και ο Dave Cockerell.



Σχήμα 3-5: Το VCS3. Κατασκευάστηκε το 1969. Αποτελείται από τρεις ταλαντωτές και ένα matrix-based σύστημα συνδέσεων (patch).



Σχήμα 3-6: Το μοντέλο Moog Modular 55.

Ο πλέον δημοφιλής πρωτοπόρος κατασκευαστής αναλογικών συνθετητών είναι ο Robert Moog (1934 – 2005), για τον οποίο πιστεύεται ότι ήταν αυτός που έβγαλε τα synthesizers από τα ερευνητικά εργαστήρια και τα έδωσε στα χέρια των μουσικών. Ο Moog ίδρυσε την εταιρία Moog Music η οποία κατασκεύαζε τα Moog Synthesizers που σήμερα θεωρούνται τα πρώτα και πλέον δημοφιλή modular voltage controlled analogue synthesizers. Τα Moog synthesizers χρησιμοποιήθηκαν σε πολλά συγκροτήματα της δεκαετίας του '70 όπως Kraftwerk, Genesis, ELO, Yes, Pink Floyd κ.λπ. Η τεχνολογική εφεύρεση που επέτρεψε την κατασκευή μικρότερων και φορητών κατά μία έννοια synthesizers ήταν το τρανζίστορ το οποίο αντικατέστησε τον καθοδικό σωλήνα. Το τρανζίστορ, σε ερευνητές όπως ο Moog, επέτρεψε την κατασκευή ηλεκτρονικών

μουσικών συστημάτων τα οποία ήταν πολύ μικρότερα, φθηνότερα και πιο αξιόπιστα από τα κυκλώματα που χρησιμοποιούσαν καθοδικούς σωλήνες.

### 3.2 Modular Synthesizers και τα μειονεκτήματά τους

Ο όρος **modular synthesizers**, είναι πολύ δημοφιλής ακόμα και στις μέρες μας και αναφέρεται στους συνθετητές ήχου που αποτελούνται από αυτόνομες μονάδες (modules) σύνθεσης και επεξεργασίας ήχου. Χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά για τα αναλογικά synthesizers τύπου Moog. Στα synthesizers αυτά κάθε module παράγει στην έξοδό του ένα μεταβλητό σήμα τάσης (voltage controlled synthesizer). Τα modules συνδέονται μεταξύ τους με καλώδια (patch cords) σχηματίζοντας αλυσίδες από modules, τα λεγόμενα patches. Ανάλογα τις διασυνδέσεις, ένα patch παράγει στην έξοδό του ένα μοναδικό ηχόχρωμα. Για παράδειγμα στο Moog Modular 55, οι συνδέσεις των modules επιτυγχάνονταν με καλώδια που ένωναν τις θύρες που φαίνονται στο Σχήμα 3-6, στο VCS3 τα patch φτιάχνονταν από καρφάκια (pins) τα οποία τοποθετούνταν στις οπές του τετραγωνικού matrix (Σχήμα 3-5).



Σχήμα 3-7: Το δημοφιλές MiniMoog.

Κάποια από τα τυποποιημένα modules που μπορεί κανείς να βρει σε ένα modular synthesizer είναι τα ακόλουθα:

- **VCO – Voltage Controlled Oscillator** (ταλαντωτής): Παράγει στην έξοδο του μια εναλλασσόμενη τάση απλής κυματομορφής, συνήθως ημιτονικής, τετραγωνικής ή πριονωτής. Το εκ του ταλαντωτή παραγόμενο τονικό ύψος ελέγχεται είτε από τα πλήκτρα του keyboard, είτε από κάποιο ποτενσιόμετρο, ενώ το πλάτος της κυματομορφής αντιστοιχίζεται σε διαφορετικό τονικό ύψος (π.χ. τάση 1volt αντιστοιχίζεται σε συχνότητα 100Hz, τάση 2 volt σε συχνότητα 200 Hz, κ.λπ.)
- **Noise Source** (πηγή θορύβου): παράγει στην έξοδο της λευκό, ροζ και χαμηλής συχνότητας θόρυβο.

- **VCF – Voltage Controlled Filter:** Τα βασικά ήδη φίλτρων στα modular synths ήταν Low Pass, High Pass, Band Pass και Band Stop
- **VCA – Voltage Controlled Amplifier:** το οποίο μεταβάλλει το πλάτος της κυματομορφής εισόδου συναρτήσει μιας ηλεκτρικής τάσης η οποία ελέγχεται από κάποιο ποτενσιόμετρο
- **EG – Envelope Generator:** Η μονάδα αυτή παράγει μία περιβάλλουσα τάσης η οποία εφαρμόζεται συνήθως στην έξοδο του VCA ή VCF. Βασικά είδη EG είναι το ADSR, AR και AD.
- **LFO – Low Frequency Oscillator:** Ταλαντωτής χαμηλών συχνοτήτων (<20Hz – δηλαδή κάτω από τα όρια του ακουστικού φάσματος), που χρησιμοποιείται για να διαμορφώνει το σήμα εισόδου. Έτσι εάν ένας στην είσοδο ενός LFO συνδεθεί η έξοδος ενός VCO θα παραχθεί μια διακύμανση συχνότητας, δηλαδή ένα vibrato (υπενθυμίζεται ότι το πλάτος της τάσης του VCO αντιστοιχίζεται στη συχνότητα που παράγεται στην έξοδο). Εάν στην είσοδο του LFO συνδεθεί η έξοδος ενός VCA, τότε θα δημιουργηθεί μια διακύμανση πλάτους, δηλαδή ένα tremolo.
- **RM – Ring Modulator:** Δέχεται δύο σήματα στην είσοδο του και παράγει στην έξοδο ένα σήμα που περιέχει το άθροισμα και τη διαφορά των συχνοτήτων των σημάτων εισόδου. Το σήμα εξόδου έχει μια «ρομποτική» χροιά.
- **Mixer:** Στην έξοδο του παράγει μίξη δύο ή περισσότερων σημάτων.

Η χρήση των modular synthesizers είχε πολλές δυσκολίες. Ήταν ογκώδη, ακριβά και απαιτούσαν πειραματισμό πολλών ωρών για να παράγουν ενδιαφέροντες ήχους. Η δημιουργία πολυφωνικών ήχων από αυτά ήταν αρκετά δύσκολη ενώ ένα επιπλέον μειονέκτημα αφορούσε στο γεγονός ότι τα patches με καλώδια δεν ήταν δυνατό να αποθηκευθούν σε κάποια μορφή ώστε να επαναχρησιμοποιηθούν. Δύο επιπλέον μειονεκτήματα των αναλογικών συθετητών της δεκαετίας του '70 ήταν πρώτον ότι ήταν ασταθή ως προς το χόρδισμα τους (καθώς τα ηλεκτρονικά τους ήταν ευαίσθητα σε μεταβλητές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας) ενώ επίσης ότι synthesizers από διαφορετικούς κατασκευαστές δεν ήταν συμβατά μεταξύ τους, ούτε ως προς τον τρόπο που παρήγαγαν της συχνότητες ούτε ως προς τα υπόλοιπα modules.

Έτσι, κατά τη δεκαετία του '80 τα αναλογικά synthesizers αντικαταστάθηκαν από ολοκληρωμένα keyboard synthesizers και samplers. Παρόλαυτα, πάντα υπήρχαν μουσικοί που προτιμούσαν τον απτό τρόπο διασύνδεσης με καλώδια, ενώ επίσης ο ιδιαίτερος ήχος που παράγουν τα όργανα αυτά παραμένει ακόμα και σήμερα ιδιαίτερα αγαπητός. Στις μέρες μας, τα αναλογικά αυτά synthesizers έχουν γίνει εξαιρετικά δημοφιλή, υπάρχουν πολλές εταιρίες που τα κατασκευάζουν (περισσότερες και από τη δεκαετία του '70), ενώ επίσης τα παλαιότερα κομμάτια πωλούνται σε εξαιρετικά ακριβές τιμές ως αντίκες.

### 3.3 Ψηφιακά Synthesizers και η Εμφάνιση του MIDI

Η δημοτικότητα των synthesizers ανέβηκε θεαματικά το 1978, όταν εμφανίστηκαν τα πρώτα ηλεκτρονικά όργανα που χρησιμοποιούσαν μικροεπεξεργαστές. Την περίοδο εκείνη η εταιρία Sequential Circuits κατασκεύασε το θρυλικό για την εποχή εκείνη Prophet-5 (Σχήμα 3-8). Το Prophet-5 ήταν πρώτο αναλογικό synthesizer οποίο διέθετε patch memory, κι επομένως επέτρεπε αποθήκευση ρυθμίσεων. Επιπλέον το Prophet-5 είχε τη δυνατότητα να παράγει έως πέντε νότες πολυφωνία και πωλούνταν εκείνη την εποχή στην τιμή των \$4000!



Σχήμα 3-8: Το θρυλικό για την εποχή του Prophet-5.

Πολύ σύντομα εταιρίες όπως η Korg, Roland και η Yamaha κατασκεύασαν τα δικά τους microprocessor synthesizers τα οποία και διέθεταν στη μισή τιμή. Έτσι στις αρχές της δεκαετίας του '80 όλοι οι μουσικοί που έπαιζαν πλήκτρα διέθεταν κι από ένα ψηφιακό synthesizer, οπότε σταδιακά από τις μπάντες της δεκαετίας του '80 άρχισαν να εξαφανίζονταν ήχοι όπως αυτοί του Hammond organ και του Rhodes piano.

Αν και στα synthesizers μικροεπεξεργαστών, η σταθερότητα στο χόρδισμα, η πολυφωνία, το κόστος και η δυνατότητα αποθήκευσης ρυθμίσεων διαρκώς βελτιωνόταν, το βασικότερο πρόβλημα παρέμενε η ασυμβατότητα μεταξύ οργάνων διαφορετικών κατασκευαστών.

Οραματιστές όπως ο Dave Smith από τη Sequential Circuits και ο Ikutaru Kakehashi από τη Roland σύντομα άρχισαν να ανησυχούν ότι το πρόβλημα ασυμβατότητας των synthesizers θα οδηγούσε σε μειωμένες πωλήσεις. Έτσι το 1981 ξεκίνησαν οι συζητήσεις για ένα καθολικό (κοινό μεταξύ των εταιριών) σύστημα ψηφιακής επικοινωνίας. Την ίδια χρονιά, οι Dave Smith και Chet Wood παρουσίασαν σε συνέδριο του οργανισμού AES (Audio Engineering Society<sup>1</sup>) ένα επιστημονικό άρθρο που πρότεινε τη χρήση ενός τέτοιου συστήματος με ταχύτητα 19.2kbps και θα χρησιμοποιούσε πρίζα 1/4 phone jack (το γνωστό «μεγάλο καρφί»). Τον Ιανουάριο του 1982 σε μια συνάντηση του οργανισμού NAMM (National Association of Music Merchants<sup>2</sup>) όπου συμμετείχαν οι πιο γνωστές Αμερικάνικες και Ιαπωνικές κατασκευάστριες εταιρίες, συζητήθηκαν μία σειρά από βελτιώσεις σε αυτό το σύστημα όπως για παράδειγμα η αύξηση της ταχύτητας διαμεταγωγής σε 31.25kbps και η προσθήκη οπτικής μόνωσης στα κυκλώματά του.

Εν συνεχεία ιδρύθηκε ο οργανισμός MMA (MIDI Manufacturers Association<sup>3</sup>) και η πρώτη έκδοση προδιαγραφών του MIDI (MIDI Specification 1.0) δημοσιεύθηκε τον Αύγουστο 1983. Στις δύο υποενότητες που ακολουθούν παρουσιάζονται δύο από τα πιο γνωστά synthesizers που κυκλοφόρησαν με MIDI συμβατότητα και βοήθησαν στην εξάπλωση του MIDI.

<sup>1</sup> <http://www.aes.org>

<sup>2</sup> <http://www.namm.org>

<sup>3</sup> <http://www.MIDI.org>

### 3.3.1 YAMAHA DX7

Το DX7 αξιοποιεί την τεχνική σύνθεσης ήχου FM και κατασκευάστηκε από τη Yamaha από το 1983 έως το 1986. Ήταν το πρώτο εμπορικά επιτυχημένο ψηφιακό synthesizer, με αναγνωρίσιμο ηχόχρωμα το οποίο χρησιμοποιήθηκε κατά κόρων σε πολλές pop μπάντες της δεκαετίας του '80.



Σχήμα 3-9: Το YAMAHA DX-7 keyboard Synthesizer

Η FM είναι μια από τις πιο γνωστές τεχνικές σύνθεσης ήχου. Επινοήθηκε το 1973 από τον John Chowning και είναι πολύ πιστή στην αναπαραγωγή της χροιάς ακουστικών μουσικών οργάνων. Το DX7 προσέφερε μέχρι 16 νότες πολυφωνίας (δηλαδή μπορούσε να αναπαράγει το πολύ 16 νότες ταυτόχρονα), ενώ ήταν μονοχρωματικό (δηλαδή αναπαρήγαγε ένα ηχόχρωμα τη φορά).

Το DX7, αν και κατασκευάστηκε πριν την επίσημη δημοσίευση των προδιαγραφών του MIDI, φέρει MIDI θύρες και υλοποιεί στοιχειωδώς το πρωτόκολλο για αποστολή και λήψη εντολών.

### 3.3.2 KORG M1



Σχήμα 3-10: Το Korg M1 Keyboard Synthesizer.

Ένα άλλο πολύ δημοφιλές προϊόν της κατηγορίας των ψηφιακών synthesizer ήταν το M1 της εταιρίας Korg. Το M1 είναι γνωστό ως το πρώτο music workstation, δηλαδή ως

την πρώτη συσκευή η οποία πέρα από το γεγονός ότι φέρει πλήκτρα για τη μουσική εκτέλεση και γεννήτρια ήχου για την αναπαραγωγή των ήχων προσφέρει επιπλέον δυνατότητες sequencer. Δηλαδή διαθέτει μονάδα που επιτρέπει την εγγραφή-αναπαραγωγή και επεξεργασία (recording-playback-editing) μουσικών κομματιών.

Το M1 είναι πλήρως συμβατό με MIDI ενώ η σύνθεση ήχου γίνεται με την τεχνική της αφαιρετικής σύνθεσης (subtractive synthesis).

---

## 4 ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ MIDI

---

### 4.1 Γενικές Πληροφορίες

Το MIDI (Musical Instrument Digital Interface, δηλαδή Ψηφιακή Διασύνδεση Μουσικών Οργάνων) θεμελιώθηκε ως πρότυπο με την ανακοίνωση του κειμένου προδιαγραφών **MIDI Specification 1.0** τον Αύγουστο του 1982 από την κοινοπραξία MMA. Το κείμενο αυτό είχε μέγεθος 8 σελίδων και περιέγραφε τις βασικές οδηγίες που κάποιος θα μπορούσε να στείλει ανάμεσα σε δύο synthesizers. Οι οδηγίες αυτές είναι του τύπου «παίξε τη νότα ντο με ταδε ηχόχρωμα και τάδε ένταση».

Σήμερα υπάρχουν διάφορα είδη συσκευών που χρησιμοποιούν το MIDI όπως μουσικά όργανα (π.χ. πλήκτρα), κινητά τηλέφωνα, προσωπικοί υπολογιστές κ.λπ. Το κοινό αυτών των συσκευών είναι ότι επικοινωνούν με τη «γλώσσα» του MIDI. Η γλώσσα αυτή ορίζει τον τρόπο αναπαραγωγής της μουσική με τρόπο παρόμοιο με αυτόν μιας παρτιτούρας. Με άλλα λόγια η γλώσσα του MIDI, η οποία σε καμία περίπτωση δεν αναφέρεται σε σήμα ήχου, απαρτίζεται από μηνύματα τα οποία περιγράφουν ποιές νότες πρέπει να παιχθούν για πόσο χρόνο και ένταση και από ποιο μουσικό όργανο (δηλ. με ποια χροιά).

Επειδή ακριβώς η γλώσσα του MIDI είναι οδηγίες εκτέλεσης και όχι μια ψηφιακή ηχογράφηση μουσικής, είναι δυνατό να αλλάξουν κάποιες από τις παραμέτρους της εκτέλεσης (δηλ. να γίνει editing), είτε αυτό σημαίνει αλλαγή μιας νότας, αλλαγή του tempo ή αλλαγή των μουσικών οργάνων που συμμετέχουν σε ένα κομμάτι. Τα μηνύματα MIDI μεταφέρονται ηλεκτρονικά ανάμεσα σε συνδεδεμένες συσκευές οι οποίες είναι συμβατές με το πρωτόκολλο MIDI, ή εναλλακτικά αποθηκεύονται σε αρχεία συγκεκριμένου φορμάτ (Standard MIDI Files –με κατάληξη .mid) για να αναπαραχθούν εκ των υστέρων από συμβατό software ή hardware. Σε κάθε περίπτωση το ηχητικό αποτέλεσμα που θα προκύψει από την ερμηνεία των μηνυμάτων MIDI εξαρτάται από τη συσκευή η οποία μετατρέπει τα μηνύματα MIDI σε ήχο με τον ίδιο τρόπο που θα εκτελούσε ένας μουσικός μια παρτιτούρα. Τις συσκευές αυτές θα τις αναφέρουμε με τον όρο «γεννήτριες ήχου».

### 4.2 Τι περιλαμβάνουν οι προδιαγραφές του MIDI

Η πρώτη έκδοση προδιαγραφών (**MIDI Specifications 1.0**) το 1982 περιέγραφε δύο ζητήματα:

- a) **MIDI Cables & Connectors:** Τη φυσική διασύνδεση (δηλ. καλώδια και βύσματα) που απαιτούνταν από τις συσκευές συμβατές με MIDI για τη μεταξύ τους επικοινωνία
- b) **MIDI Messages:** Την κωδικοποίηση των μηνυμάτων δηλαδή τη σημασιολογία και τη σύνταξη των εντολών η οποία, λόγω της φύσης του πρωτοκόλλου, υφίσταται σε δυαδική μορφή.

Αρχικά η μεταφορά των μηνυμάτων MIDI γινόταν μέσα από εξειδικευμένα καλώδια και βύσματα. Σήμερα όμως τα μηνύματα αυτά μεταφέρονται συνήθως μέσω διασυνδέσεων όπως το USB και το FireWire. Έτσι, οι σημερινές MIDI συσκευές και κάρτες ήχου φέρουν USB ή FireWire θύρες αντί για τις παλαιότερες υποδοχές MIDI καλωδίου.

Τα MIDI Messages (δηλ. το πρωτόκολλο, η γλώσσα) είναι το πιο σημαντικό μέρος των προδιαγραφών του MIDI. Διότι παρόλο που σήμερα δε χρησιμοποιούνται τα συμβατικά MIDI καλώδια και βύσματα, και η μεταφορά μηνυμάτων είναι εφικτή όχι μονάχα μέσω

USB και FireWire αλλά και στο εσωτερικό των ΗΥ (σε pc, κινητά τηλέφωνα κ.α.) ως επικοινωνία λογισμικού καθώς και μέσω δικτύου υπολογιστών, το MIDI format διατηρείται αναλλοίωτο.

Σταδιακά και έπειτα από την πρώτη έκδοση προδιαγραφών MIDI, το πρωτόκολλο επεκτάθηκε με νέα πρότυπα προδιαγραφών τα οποία αναπτύσσονται ακόμα και σήμερα από τον οργανισμό MMA. Στη συνέχεια παρατίθενται κάποια από τα σημαντικότερα πρότυπα του MMA:

- **General MIDI ("GM") Device Specifications:** Το GM περιλαμβάνει δύο εκδόσεις την General MIDI Lite (ή General MIDI 1) και τη General MIDI 2. Μεταξύ άλλων προσδιορίζει τα αριθμητικά δεδομένα που αντιστοιχίζονται σε συγκεκριμένα μουσικά όργανα (π.χ. 1=πιάνο, 43=βιολοντσέλο, 65=Σοπράνο σαξόφωνο, κ.λπ.). Αναλυτικότερες πληροφορίες για το GM περιλαμβάνονται στην ενότητα 7.6.
- **Standard MIDI Files ("SMF"):** Περιλαμβάνει το φορμάτ αρχείων MIDI (.mid). Στις πρόσφατες αναβαθμίσεις περιλαμβάνεται και η δυνατότητα προσθήκης στίχων (lyrics) παράλληλα με τη μουσική.
- **Mobile MIDI & Ringtone Specifications:** Προδιαγραφές για την ενσωμάτωση MIDI αρχείων σε κινητά τηλέφωνα

Αναλυτικότερες πληροφορίες για όλες τις προδιαγραφές του MIDI καθώς και για τα ίδια τα κείμενα των προδιαγραφών, μπορείτε να βρείτε στην ιστοσελίδα [2].

### 4.3 Συσκευές MIDI

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, όταν δύο συσκευές MIDI επικοινωνούν μεταξύ τους στέλνουν η μία στην άλλη εντολές, σα να λέει η μία συσκευή στη δεύτερη τι είναι αυτό που πρέπει να κάνει. Ως απλούστερη μορφή επικοινωνίας μπορείτε να σκέφτεστε ένα MIDI keyboard το οποίο στέλνει εντολές σε μία γεννήτρια, σε ένα sound module όπως είναι ο επίσημος όρος. Όπως θα δούμε και στη συνέχεια η επικοινωνία στο MIDI επιτελείται προς μία κατεύθυνση, δηλαδή τα δεδομένα στέλνονται από το Keyboard στο Sound Module και όχι αντίθετα.



Σχήμα 4-1: Η απλούστερη μορφή επικοινωνίας στο MIDI (Keyboard -> Sound Module).

Σε αντιστοιχία με το Σχήμα 2-2, στο Σχήμα 4-1 μπορείτε να δείτε ότι όταν ο χρήστης (μουσικός) πατάει το πλήκτρο που αντιστοιχεί στο Μεσαίο Ντο, το keyboard στέλνει στο Sound Module ένα μήνυμα που λέει ότι πατήθηκε το πλήκτρο Μεσαίο ντο. Μόλις το Sound Module λάβει αυτό το μήνυμα λέει «άρα στο Line Out μου πρέπει να αναπαράγω μια κυματομορφή με θεμέλιο συχνότητα αυτήν του Μεσαίο Ντο». Το Sound Module εκτελεί κάποιον αλγόριθμο σύνθεσης ήχου (π.χ. FM, προσθετική ή Wavetable Synthesis) και αποστέλλει στον DAC του μια κυματομορφή με τη συχνότητα που του ζητήθηκε. Όταν τώρα ο χρήστης του Keyboard (δηλ. ο μουσικός) αφήσει το πλήκτρο, στέλνεται ένα άλλο

μήνυμα που λέει ότι ο μουσικός άφησε το πλήκτρο του μεσαίου ντο. Όταν το module λάβει ένα τέτοιο μήνυμα αντιλαμβάνεται ότι θα πρέπει να σταματήσει να αναπαράγει την κυματομορφή που στέλνει στο DAC.

Τόσο το keyboard όσο και το Sound Module μπορούν να υφίστανται είτε σε μορφή hardware ή να είναι εικονικά (δηλ. software-based). Επίσης, εκτός από Keyboards και Sound Modules, στο MIDI προβλέπονται και άλλου είδους μονάδες για μουσική επικοινωνία. Οι ενότητες που ακολουθούν περιγράφουν τη λειτουργία αυτών των μονάδων.

### 4.3.1 MIDI Controllers

Όταν μια μονάδα έχει ως στόχο να ελέγχει κάποια άλλη τότε ονομάζεται ελεγκτής MIDI (MIDI Controller). MIDI Controllers δεν είναι μονάχα τα MIDI Keyboards αλλά και μια σειρά από άλλες συσκευές οι οποίες είτε εξομοιώνουν κάποιο ακουστικό ή ηλεκτρικό μουσικό όργανο, είτε είναι κάποιοι βοηθητικοί ελεγκτές (π.χ. πεντάλ, ποτενσιόμετρα σε μια κονσόλα) ή είναι πειραματικοί ελεγκτές (διατάξεις που λαμβάνουν σήμα από αισθητήρες και παράγουν MIDI πληροφορία). Επίσης, ένα επιπλέον είδος συσκευών που κατατάσσονται στην κατηγορία των ελεγκτών είναι οι μετατροπείς pitch-to-MIDI.

Στις υποενότητες που ακολουθούν παρατίθενται κάποια από τα χαρακτηριστικά των MIDI Controllers.

#### 4.3.1.1 Εξομοιωτές φυσικών μουσικών οργάνων

Σε αυτήν την κατηγορία διακρίνουμε πληκτροφόρους ελεγκτές (keyboards), εξομοιωτές εγχόρδων (π.χ. κιθάρα, βιολί), κρουστών και πνευστών μουσικών οργάνων.

##### 4.3.1.1.1 Πλήκτρα



Σχήμα 4-2: MIDI Keyboard

Οι πιο συνηθισμένοι MIDI controllers (transmitters) είναι τα keyboards. Όταν πιέζουμε ένα πλήκτρο ένα μήνυμα note on εκπέμπεται από τη MIDI OUT θύρα σε όποια άλλη συσκευή ή δίκτυο συσκευών είναι συνδεδεμένη. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα συμβατικά MIDI Keyboards δεν παράγουν ήχο, δηλαδή δε διαθέτουν ενσωματωμένη γεννήτρια ήχου. Το μόνο το οποίο κάνουν είναι να παράγουν MIDI μηνύματα στη θύρα εξόδου κάθε

φορά που ο χρήστης είτε πατάει κάποιο πλήκτρο είτε αλληλεπιδρά με κάποια από τις άλλες διατάξεις τις οποίες φέρουν τα keyboards. Τέτοιες διατάξεις μπορεί να είναι ποτενσιόμετρα, sliders, τροχοί, joystics κ.λπ. Οι κατασκευαστές των synthesizers αρχικά τοποθέτησαν το MIDI controller και τις γεννήτριες στην ίδια συσκευή. Τις συσκευές αυτές τις ονομάζουμε synthesizers, ενώ ως MIDI keyboard θα εννοούμε έναν απλό ελεγκτή (χωρίς γεννήτρια ήχου).

Τα keyboards καθιερώθηκαν από την αρχή της ιστορίας των ηλεκτρονικών οργάνων σαν το βασικό και για πολύ καιρό και μοναδικό σύστημα ελέγχου. Αυτό συνέβη λόγω της κατασκευής τους. Στα keyboards εύκολα μπορούν οι κατασκευαστές να ξεχωρίσουν την μια νότα από την άλλη γιατί κάθε πλήκτρο αποτελεί ένα ξεχωριστό μήνυμα που μπορεί με ένα διακόπτη να δίνει ένα ηλεκτρικό σήμα ελέγχου. Ένας άλλος λόγος είναι ότι το keyboard βασίζεται σε μηχανικό και όχι φυσικό σύστημα παραγωγής του ήχου και χρησιμοποιεί γραμμική και επαναλαμβανόμενη ακολουθία για την παραγωγή του ήχου. Για να γίνει αυτό πιο κατανοητό αρκεί να δούμε ότι σε ένα έγχορδο, για παράδειγμα στην κιθάρα, όσο κινούμαστε σε υψηλότερες οκτάβες τόσο μικραίνουν οι αποστάσεις για τα ίδια τονικά διαστήματα. Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει στα πνευστά με το μήκος του σωλήνα (σε αυτά τουλάχιστον που δεν έχουν μηχανική βελτίωση στην κατασκευή τους όπως πχ. Σαξόφωνο, Κλαρινέτο κλπ.).

Σήμερα τα συναντάμε σε διάφορα μεγέθη από 36 πλήκτρα μέχρι 88, από μικρά σε μέγεθος πλήκτρα μέχρι πλήκτρα κανονικών διαστάσεων πιάνου. Πολλά έχουν ειδικό μηχανισμό που προσομοιώνει το βάρος και την αδράνεια των πλήκτρων του πιάνου (βαρυκεντρισμένα). Πολλά keyboards επίσης διαθέτουν κατάλληλους αισθητήρες και στέλνουν μηνύματα πίεσης των πλήκτρων (key pressure), αυξάνοντας τις εκφραστικές δυνατότητες των οργάνων.

#### 4.3.1.1.2 Κιθάρα

Η κιθάρα είναι ένα από τα πιο δημοφιλή μουσικά όργανα. Οι εκπληκτικές δυνατότητες των synthesizers αλλά και του MIDI γενικότερα δεν άφησαν ασυγκίνητη τη μεγάλη μερίδα μουσικών που έχουν ως βασικό όργανο την κιθάρα, αλλά και από την άλλη το μέγεθος του αγοραστικού κοινού των κιθαριστών δεν άφησε ασυγκίνητες τις εταιρίες κατασκευής μουσικών οργάνων. Έτσι σύντομα μετά τα keyboards οι πρώτοι MIDI Guitar Controllers (Σχήμα 4-3) έκαναν την εμφάνισή τους στην αγορά. Ωστόσο ακόμα και σήμερα δεν υπάρχει τέλειος τρόπος να σχεδιάσει κανείς μια κιθάρα για να παράγει MIDI data. Έτσι πολλοί τύποι τέτοιων controllers εμφανίστηκαν κατά καιρούς, πολλοί όμως από αυτούς αν και πολλά υποσχόμενοι απογοήτευσαν τους μουσικούς.

Ο πιο απλός τρόπος για να κατασκευάσει κανείς μια MIDI κιθάρα είναι να τοποθετήσει ένα ***pitch-to-MIDI converter*** (μετατροπέα τονικού ύψους σε MIDI) σε μια κανονική ηλεκτρική ή ακουστική κιθάρα. Αυτός ο μετατροπέας ανιχνεύει τη θεμέλιο συχνότητα δόνησης της χορδής και την μετατρέπει σε MIDI μηνύματα note on με velocity που είναι ανάλογο της έντασης του σήματος για την κάθε χορδή. Όταν η θεμέλιος συχνότητα μετακινηθεί είτε από το τράβηγμα της χορδής είτε από την δημιουργία vibrato με τα δάχτυλα, ένα μήνυμα Pitch Bend θα μεταδοθεί από τη συσκευή. Όταν η μετακίνηση της συχνότητας είναι πολύ μεγάλη λόγω της ολίσθησης του δακτύλου ένα καινούριο Note on μήνυμα θα παραχθεί ενώ όταν η ένταση του ήχου πέσει κάτω από κάποιο όριο τότε παράγεται το μήνυμα note off.



Σχήμα 4-3: MIDI Guitar Controller

Αυτή η διαδικασία δεν γίνεται όμως τόσο απλά και συνήθως υπάρχουν προβλήματα. Ο μετατροπέας pitch to MIDI για να ανιχνεύσει με ακρίβεια την τιμή της συχνότητας ταλάντωσης της χορδής χρειάζεται να περιμένει να ολοκληρωθούν μερικοί κύκλοι της ταλάντωσης. Αυτό για τις μπάσες χορδές (για παράδειγμα για την χαμηλή ΜΙ που ανοιχτή δονείται στα 73 Hz), διαρκεί περίπου 27 milliseconds χρόνος που είναι αρκετά μεγάλος να περιμένει κανείς από το χτύπημα της χορδής μέχρι την αναπαραγωγή του ήχου. Επίσης η συχνότητα ταλάντωσης της χορδής μπορεί να μεταβληθεί όταν σβήσει ο ήχος ή όταν ο εκτελεστής σταματήσει την ταλάντωσή της. Αυτό μπορεί να δημιουργήσει παραγωγή ανεπιθύμητων ήχων για το λόγο αυτό ο μετατροπέας πρέπει να φιλτράρει αυτές τις μεταβολές.

Όλα τα παραπάνω οδήγησαν στην δημιουργία διάφορων εναλλακτικών μεθόδων μετατροπής του κιθαριστικού ήχου σε MIDI data.

Μια χαρακτηριστική τέτοια μέθοδος χρησιμοποιεί μια ειδική κιθάρα που έχει όλες τις χορδές στο ίδιο διαμέτρημα (άρα και ίδιο κούρδισμα), ενώ στα τάστα έχει αισθητήρες πίεσης που ανιχνεύουν το πάτημα του δακτύλου. Το note on μήνυμα παράγεται με την κρούση της χορδής, το velocity από την ένταση του σήματος που παράγει η χορδή ενώ το note number από τους αισθητήρες στα τάστα. Το πρόβλημα είναι ότι το όργανο αυτό δεν μπορεί να παίξει σαν κανονική κιθάρα αλλά και η δυσάρεστη αίσθηση που προκαλεί σε ένα κιθαρίστα μια μπάσα χορδή ΜΙ διαμέτρου 9mm.

Η MIDI κιθάρα είναι πολύ χρήσιμη ακόμα και σε ένα καλό χρήστη των keyboards. Πολλά σύγχρονα synthesizers και samplers διαθέτουν πολύ καλούς ήχους από κιθάρες η εκτέλεση και η χρήση των οποίων είναι πολύ δύσκολη από ένα keyboard. Αυτή είναι μια διαπίστωση από όλους τους χρήστες των keyboards ειδικά όταν πρόκειται για την εκτέλεση συγχορδιών.

Τα ίδια προβλήματα που συναντάμε στη MIDI κιθάρα υπάρχουν και στα MIDI βιολιά. Οι περισσότεροι ωστόσο controllers και στις δύο κατηγορίες χρησιμοποιούν pitch to MIDI converters.

#### 4.3.1.1.3 Κρουστά (Percussion) Controllers

Ένας MIDI controller κρουστών ή αλλιώς MIDI Drum Pad είναι μια διάταξη η οποία παράγει ένα note on μήνυμα όταν τη χτυπάμε με ένα stick, με το χέρι ή με ένα πετάλι. Ένας απλός τέτοιος MIDI controller παράγει μηνύματα με την ίδια νότα κάθε φορά και με ένταση που καθορίζεται από τη δύναμη που χτυπάμε την ειδική επιφάνεια. Η επιφάνεια αυτή, που συνήθως αποτελείται από ελαστικό υλικό που προσπαθεί να προσομοιώσει τη μηχανική συμπεριφορά των κρουστών, καταλήγει σε ένα πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο που με την κρούση παράγει ηλεκτρική τάση με ένταση ανάλογη με τη δύναμη με την οποία χτυπάμε την επιφάνεια.

Μια και συνήθως στους ήχους των κρουστών δεν υπάρχει διαδικασία release και ολοκληρώνεται αυτόματα μετά από μικρό συνήθως χρονικό διάστημα, το note off μήνυμα παράγεται και αυτό αυτόματα από τη συσκευή χωρίς να δημιουργείται πρόβλημα. Ο χρόνος μεταξύ note on & note off μηνυμάτων δεν έχει ιδιαίτερη σημασία αν είναι από μια τιμή και πάνω γιατί οι ήχοι κρουστών έχουν πολύ μικρό έως καθόλου sustain περιεχόμενο.

Τα pads αυτά διατίθενται ξεχωριστά αλλά και σε ομάδες σε μια συσκευή ή συνδεδεμένα σε ένα κεντρικό ελεγκτή με σκοπό να προσομοιώσουν ένα ολοκληρωμένο drum set. Οι ολοκληρωμένες αυτές συσκευές συνήθως διαθέτουν μνήμες όπου μπορούμε να προγραμματίσουμε και να αποθηκεύσουμε προγράμματα με συνδυασμούς και να τα ανασύρουμε πατώντας ένα διακόπτη ή ένα pedal και χτυπώντας ένα pad ή με κάποιο αντίστοιχο τρόπο.



Σχήμα 4-4: MIDI Drum Set και Percussion Pad.

#### 4.3.1.1.4 Πνευστά

Οι MIDI controllers πνευστών είναι όργανα που έχουν τη μορφή σαξοφώνου ή τρομπέτας που παράγουν MIDI data αποκρινόμενα στις κινήσεις των μουσικών που τα χρησιμοποιούν σαν ένα κανονικό πνευστό. Υπάρχουν δύο κατηγορίες τέτοιων συσκευών, είναι οι συσκευές που είναι κανονικά πνευστά και που έχουν ενσωματωμένο έναν pitch to MIDI converter και οι συσκευές που έχουν πολλαπλούς αισθητήρες και μετατρέπουν τις διάφορες κινήσεις όπως κλείσιμο οπής, φύσημα στο επιστόμιο, πίεση και κινήσεις των χειλιών κλπ σε αναλογικά MIDI μηνύματα. Οι controllers αυτοί δημιουργούν MIDI μηνύματα από συνδυασμούς διαφόρων χειρισμών του εκτελεστή.



Σχήμα 4-5: MIDI Wind Controllers

#### 4.3.1.1.5 Μετατροπείς Pitch-to-MIDI

Είναι μετατροπείς που μπορούν να χρησιμοποιηθούν με οτιδήποτε παράγει ήχο συμπεριλαμβανομένης και της ανθρώπινης φωνής. Όπως αναφέραμε και σε προηγούμενη παράγραφο αποτελούνται από μικρόφωνα ή Line level εισόδους σήματος το οποίο αναλύουν, βρίσκουν τη θεμέλιο συχνότητα και καθορίζουν τη νότα και την ένταση.

Ένα βασικό πρόβλημα στη σχεδίαση των pitch to MIDI converters είναι το να καθοριστεί το πώς θα αποκρίνονται στους συνεχείς ήχους που μεταβάλλονται σε pitch. Θα παράγουν ποτέ οη μηνύματα σε συγκεκριμένη νότα και στη συνέχεια θα ακολουθούν τις αλλαγές δημιουργώντας Pitch Bend μηνύματα ή θα δημιουργούν ένα καινούριο note οη μήνυμα σε νέα νότα κάθε φορά που θα μεταβάλλεται το τονικό ύψος. Οι πιο πολύπλοκοι pitch to MIDI converters αφήνουν το χρήστη να αποφασίσει για τις παραπάνω περιπτώσεις ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε εφαρμογής.

Ένα άλλο μεγάλο πρόβλημα για τους μετατροπείς αυτούς είναι το σωστό φιλτράρισμα των ήχων. Ήχοι πολλοί πλούσιοι σε αρμονικούς μπορούν να μπερδέψουν το μετατροπέα και να ερμηνεύσει τον ήχο σε διαφορετική, συνήθως ψηλότερη οκτάβα αλλά και σε τυχαίες νότες που απλά έχουν αρμονική σχέση με τη θεμελιώδη.

#### 4.3.1.2 Βοηθητικοί Ελεγκτές

Το MIDI είναι μια ιδιαίτερα πλούσια γλώσσα, το να σχεδιαστεί ένας controller για κάθε μια από τις δυνατότητες του MIDI θα ήταν αδύνατο. Οι κατασκευαστές προκειμένου να κρατήσουν το κόστος των οργάνων χαμηλό περιλαμβάνουν στα προϊόντα τους μερικούς βασικούς μόνο controllers όπως για παράδειγμα δύο wheels (modulation & pitch bend), ένα ή δύο pedals (sustain, volume κλπ.) και στα πιο σύγχρονα και πολύπλοκα μοντέλα μερικά sliders γενικής χρήσης.

Οι μουσικοί όμως και γενικά οι χρήστες του MIDI πρωτοκόλλου συχνά χρειάζεται να εκμεταλλευτούν περισσότερες από τις δυνατότητες του MIDI ιδιαίτερα στις ζωντανές παραστάσεις. Για τις ανάγκες αυτές μερικές εταιρείες κατασκεύασαν συμπληρωματικές διατάξεις που επεκτείνουν τις δυνατότητες των synthesizers, των digital effect processors, της κονσόλας φωτισμού και γενικά κάθε διάταξης που αξιοποιεί το MIDI πρωτόκολλο.

Αυτές οι συσκευές που ονομάζονται *Βοηθητικοί (Auxiliary) controllers* είναι «κουτιά» εφοδιασμένα με sliders, pedals, κουμπιά και άλλους μηχανισμούς controllers. Οι πιο απλοί από αυτούς παράγουν control change & pitch bend data ενώ οι πιο εξελιγμένοι μπορούν να στέλνουν program change & πολύπλοκες MIDI εντολές σε περισσότερα από ένα κανάλια. Μπορούν να έχουν ακόμα μνήμη και να αποθηκεύουν μεγάλο αριθμό από setups που ορίζουν διάφορες λειτουργίες στους βοηθητικούς controllers που διαθέτουν. Έτσι σε μια live παράσταση για κάθε τραγούδι, επί παραδείγματι, μπορούμε να έχουμε διαφορετικές ρυθμίσεις.

Στο Σχήμα 4-6 βλέπουμε έναν τέτοιο controller:



Σχήμα 4-6: Behringer Footswitch Controller

#### 4.3.1.3 Πειραματικοί ελεγκτές

Σε πολλές περιπτώσεις, μουσικοί, κυρίως της ηλεκτρονικής και ηλεκτροακουστικής σκηνής, κατασκευάζουν δικά τους ηλεκτρονικά μουσικά όργανα προσαρτώντας μηχανικούς αισθητήρες πάνω σε διάφορα αντικείμενα ή/και ρουχισμό (wearables).

Γενικότερα οι μηχανικοί αισθητήρες είναι διατάξεις σαν αυτές που απεικονίζονται στο Σχήμα 4-7, οι οποίες έχουν τη δυνατότητα να μετατρέπουν τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική ενέργεια. Έτσι για παράδειγμα οι αισθητήρες πίεσης διαθέτουν μία επιφάνεια η οποία όταν πιεστεί αναπαράγει μια ηλεκτρική τάση. Αντίστοιχα υπάρχουν αισθητήρες κάμψης, θέσης, επιτάχυνσης κ.λπ.



Σχήμα 4-7: Διάφοροι μηχανικοί αισθητήρες

Οι αισθητήρες αυτοί μπορούν να προσαρτώνται σε αντικείμενα π.χ. τραπέζι χαλί ή και ρούχα γάντια, μπλούζες κ.λπ. και το συνολικό κατασκευάσμα να χρησιμοποιείται ως μουσικό όργανο. Η ηλεκτρική τάση που παράγεται στους αισθητήρες έχει τη δυνατότητα να μετατραπεί σε μηνύματα MIDI χρησιμοποιώντας ειδικές διατάξεις που ονομάζονται voltage-to-MIDI converters. Ένας τέτοιος μετατροπέας απεικονίζεται στο Σχήμα 4-8.



Σχήμα 4-8: Ο eobody voltage-to-MIDI converter.

Εν συνεχεία τα μηνύματα MIDI παράγονται στην έξοδο του μετατροπέα μπορούν να σταλούν στον υπολογιστή και με τη βοήθεια software όπως το MaxMSP, είτε να μετατραπούν απευθείας σε ήχο είτε συνηθέστερα να ελέγξουν κάποιο αλγόριθμο σύνθεσης ή επεξεργασίας ήχου.

Ο σχεδιασμός και η υλοποίηση τέτοιων μουσικών οργάνων αποτελεί ξεχωριστό πεδίο έρευνας στη μουσική τεχνολογία γνωστό με το όνομα Digital Music Instruments (DMI).

#### 4.3.2 MIDI Tone Generators (ή Sound Modules)



Σχήμα 4-9: Korg Triton rack-mountable sound module.



εννιάφωνη συγχορδία η φωνή αυτή παραχωρείται στο πιάνο εφόσον το έγχορδο όργανο δε τη χρησιμοποιεί στη δεδομένη στιγμή.

### 4.3.3 MIDI Synthesizers

Βασισμένος στην παράδοση των αναλογικών synthesizer, ο όρος αυτός συνιθίζεται να αναφέρεται σε ηλεκτρονικά μουσικά όργανα τα οποία παρέχουν μηχανισμό παραγωγής ήχου μέσω κάποιου ελεγκτή, κατά κανόνα πληκτροφόρου.

Κάποια από τα πιο δημοφιλή synthesizers είναι τα μοντέλα YAMAHA DX7 και Korg M1 που είδαμε στην ενότητα 3.3. Τέτοιου τύπου synthesizers δεν είναι πλέον δημοφιλή καθώς λόγω της ευρείας διάδοσης έτοιμων προγραμμάτων λογισμικού σύνθεσης ήχου, οι μουσικοί προτιμούν τη χρήση ενός keyboard controller σε συνδυασμό με ένα τέτοιο πρόγραμμα, το οποίο παρέχει μεγαλύτερο έλεγχο στο ηχητικό αποτέλεσμα.

### 4.3.4 Sequencers

Ο όρος Sequencer, προέρχεται από τη λέξη sequence που σημαίνει ακολουθία, κι επομένως ένας MIDI sequencer, εν προκειμένω, παρέχει τη δυνατότητα εγγραφής (recording), αποθήκευσης (storing), επεξεργασίας (editing) και αναπαραγωγής (playback) ακολουθιών από μηνύματα MIDI. Προφανώς μια τέτοια ακολουθία αποτελεί μία μελωδία ή ένα μουσικό κομμάτι το οποίο ανάλογα με τις δυνατότητες της γεννήτριας ήχου (software based ή sound module) μπορεί να είναι πολυφωνικό ή/και πολυχρωματικό (δηλαδή να περιλαμβάνονται σε αυτό πολλαπλά μουσικά όργανα).

Αν και συνηθέστερα οι sequencers υφίστανται σε μορφή λογισμικού (με πλέον δημοφιλή τα προγράμματα Cubase και Nuendo της Steinberg), εντούτοις διατίθενται εμπορικά και σε hardware μορφή, και γι' αυτό άλλωστε και αναφέρονται στο παρόν κεφάλαιο.



Σχήμα 4-11: MIDI Sequencer σε μορφή hardware

### 4.3.5 Συσσκευές δρομολόγησης

Οι συσκευές δρομολόγησης (MIDI routing devices ή MIDI interfaces), είναι διατάξεις που επιτρέπουν τη διοχέτευση δεδομένων MIDI σε πολλαπλές συσκευές. Σε σύγχρονες διατάξεις αυτού του τύπου παρέχεται η δυνατότητα δρομολόγησης δεδομένων MIDI τόσο ανάμεσα σε MIDI θύρες όσο και σε USB ή FireWire interfaces. Οι συσκευές αυτές περιγράφονται αναλυτικότερα στην ενότητα 5.9.

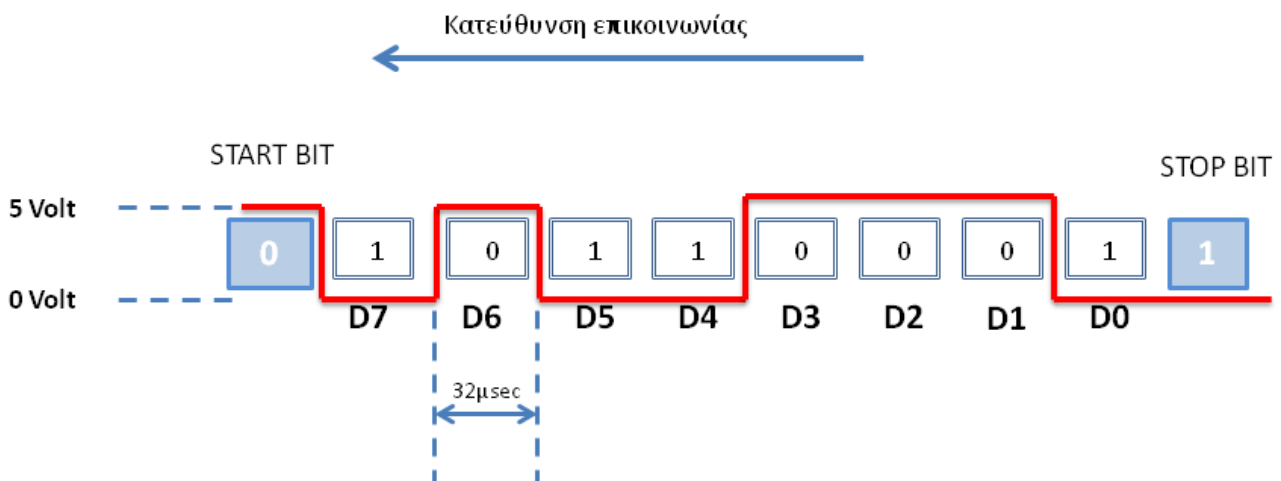
## 5 ΟΙ HARDWARE ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΤΟΥ MIDI

### 5.1 Διασύνδεση MIDI

Στο κεφάλαιο αυτό θα μιλήσουμε για τη μορφή που έχουν τα MIDI bytes τις καλωδιώσεις και τους MIDI connectors. Θα δούμε και θα περιγράψουμε τα ηλεκτρονικά κυκλώματα που χρησιμοποιούνται για τη MIDI διασύνδεση και τέλος θα μιλήσουμε για τις βασικές συνδεσμολογίες και συνδυασμούς συσκευών. Τα παραπάνω θέματα είναι απαραίτητο να τα γνωρίζουμε για να μπορέσουμε στη συνέχεια να προχωρήσουμε στην ανάλυση της γλώσσας του MIDI.

Με βάση τις αρχικές προδιαγραφές που καθορίζουν ποια καλώδια και βύσματα χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία ανάμεσα σε δύο ή περισσότερες συσκευές MIDI, το πρωτόκολλο είναι σειριακό και ασύγχρονο με σταθερή ταχύτητα 31250 bps. Ο χαρακτηρισμός σειριακό αναφέρεται στο γεγονός ότι αποστέλλεται ένα bit τη φορά (με χρόνο  $1/31250 = 32\mu\text{sec}$ ) ενώ ο χαρακτηρισμός ασύγχρονο αναφέρεται στο γεγονός ότι τα δεδομένα μπορούν να αποστέλλονται οποιαδήποτε στιγμή, χωρίς να απαιτείται συγχρονισμός πομπού/δέκτη.

Η πληροφορία όπως είναι φυσικό μεταδίδεται σε δυαδική μορφή δηλαδή κωδικοποιημένη σε λέξεις αποτελούμενες από τα ψηφία **0** και **1**. Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 5-1, τα δεδομένα μεταδίδονται σε λέξεις (bytes) των οκτώ ψηφίων (bits) αριθμημένα από το D0 έως το D7. Κάθε byte περιλαμβάνει ένα start (λογικό 1) και ένα stop bit (λογικό 0). Πρέπει εδώ να πούμε αντίθετα με όσα ισχύουν στα ψηφιακά ηλεκτρονικά εδώ η ύπαρξη τάσης ερμηνεύεται ως 0, ενώ μηδενική τάση ερμηνεύεται ως 1. Κατά συνέπεια το start bit, που όπως είναι αναμενόμενο αντιστοιχεί σε ύπαρξη μη-μηδενικής τάσης, ερμηνεύεται ως 0.



Σχήμα 5-1: Η μορφή ενός MIDI Byte

Τα start & stop bit είναι απαραίτητα λόγω του γεγονότος ότι πρόκειται για ασύγχρονο πρωτόκολλο. Ειδικότερα τα bits αυτά, επιτρέπουν στη μονάδα υποδοχής (δέκτης) να αναγνωρίζει την αρχή και το τέλος του byte καθώς αυτό έρχεται bit προς bit. Με άλλα λόγια αυτά τα bit είναι η αρχή και το τέλος του κάθε byte. Συνηθίζουμε να ονομάζουμε byte μια λέξη αποτελούμενη από 8 bit. Ωστόσο και η λέξη αυτή της MIDI πληροφορίας ονομάζεται byte αν και αποτελείται από 10 συνολικά bit.

Αυτά τα MIDI bytes στη συνέχεια θα δούμε ότι ομαδοποιούνται σε «πακέτα» που μπορούν να περιέχουν από ένα έως απεριόριστο αριθμό ακολουθώντας μια πολύ συγκεκριμένη σύνταξη που θα μελετήσουμε παρακάτω. Τα «πακέτα» αυτά ονομάζονται MIDI messages.

Στο Σχήμα 5-1 βλέπουμε την μορφή που έχει το MIDI byte με τα start & stop bits, ενώ η έντονη κόκκινη γραμμή απεικονίζει τη μορφή της τάσης (του τετραγωνικού δηλαδή παλμού που αποστέλλεται προκειμένου ο επεξεργαστής του δέκτη να λάβει το byte 10110001).

Είπαμε παραπάνω ότι η ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων είναι 31250bps. Αυτό σημαίνει ότι εφόσον στο 1sec μεταδίδονται 31250 bits το ένα bit απαιτεί για τη μετάδοση του  $32\mu\text{sec} = 32 \times 10^{-6} \text{ sec}$  και το ένα byte που στην ουσία αποτελείται από 10 bit (συμπεριλαμβανομένου τους start και stop bit) απαιτεί για τη μετάδοση του χρόνο  $32 \times 10^{-5} = \mathbf{320\mu\text{sec}}$ .

## 5.2 Σειριακή και παράλληλη μετάδοση

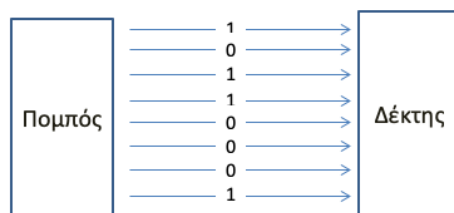
Αναφέραμε στα προηγούμενα για το σειριακό τρόπο μεταφοράς των δεδομένων στη MIDI διασύνδεση, όπου η πληροφορία μεταφέρεται bit προς bit.

Εκτός από το σειριακό τρόπο μετάδοσης δεδομένων υπάρχει και ο παράλληλος. Στον παράλληλο τρόπο η ένωση (το ενδιάμεσο) που μπορεί να είναι καλώδιο, τυπωμένο κύκλωμα, RF link κλπ, απαιτεί τόσες γραμμές μεταφοράς όσες και τα bit που πρόκειται να μεταφερθούν. Αυτό όμως που πετυχαίνουμε είναι να μεταφέρουμε τα δεδομένα, αν για παράδειγμα πρόκειται για byte των 8bit, οκτώ φορές πιο γρήγορα από το σειριακό τρόπο. Επιπλέον στον τρόπο αυτό μεταφοράς δεδομένων δεν είναι αναγκαία η χρήση των start & stop bits.

Σειριακή μετάδοση (Serial Transmission)



Παράλληλη μετάδοση (Parallel Transmission)



Σχήμα 5-2: Σειριακή και παράλληλη μετάδοση δεδομένων.

Αν και η παράλληλη μετάδοση έχει σαφή πλεονεκτήματα, στο MIDI επιλέχθηκε ο σειριακός τρόπος μετάδοσης λόγω του ότι η υλοποίηση του με ηλεκτρονικά μέσα έχει μικρότερο κόστος.

Το Σχήμα 5-2 απεικονίζει τη διαφορά των δύο τρόπων μετάδοσης.

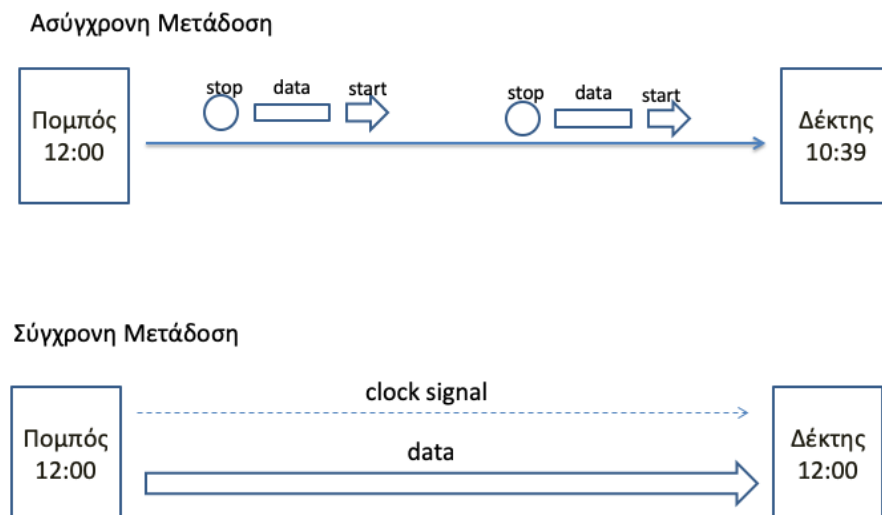
### 5.3 Σύγχρονη και ασύγχρονη μετάδοση

Θα εξετάσουμε σε αυτή την παράγραφο τις διαφορές της ασύγχρονης από τη σύγχρονη διασύνδεση.

Στην ασύγχρονη μετάδοση δεδομένων μαζί με την πληροφορία στέλνουμε όπως είπαμε και πριν ένα start και ένα stop bit. Έτσι η μονάδα υποδοχής δεν είναι απαραίτητο να γνωρίζει ποια ακριβώς χρονική στιγμή κατέφθασε η πληροφορία.

Αντίθετα στη σύγχρονη μεταφορά δεδομένων το «ρολόι» του αποστολέα είναι συγχρονισμένο με το ρολόι του παραλήπτη. Αναλυτικότερα, μπορούμε να πούμε ότι το ρολόι χρονισμού (clock) που διαθέτει κάθε ψηφιακή συσκευή και που είναι αυτό που καθορίζει το ρυθμό με τον οποίο γίνονται οι διαδοχικές επεξεργασίες, στέλνεται, με μια ξεχωριστή γραμμή, από μια συσκευή που λειτουργεί ως master στην άλλη που λειτουργεί ως slave. Σε αυτή την περίπτωση αποστέλλεται μια συνεχής ροή δεδομένων (Σχήμα 5-3).

Προφανώς, κάθε μια από τις μεθόδους αυτές έχει μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα. Στο MIDI επιλέχθηκε ο ασύγχρονος τρόπος μετάδοσης καθώς η υλοποίησή του έχει μικρότερο κόστος, ενώ επίσης ο χρόνος και η ποσότητα των δεδομένων που αποστέλλονται καθορίζεται από τις ενέργειες του μουσικού.



Σχήμα 5-3: Ασύγχρονη και σύγχρονη μετάδοση.

### 5.4 Ταχύτητα και πυκνότητα δεδομένων

Όπως είπαμε και παραπάνω τα MIDI μηνύματα ταξιδεύουν με τη σταθερή ταχύτητα 31250 bits ανά sec. Έτσι όταν ο δέκτης ανιχνεύσει ένα start bit περιμένει μέχρι να φθάσει το stop bit. Αυτό όπως είπαμε θα χρειαστεί χρόνο 320μSec.

$$1 \text{ bit} \text{ ----} \rightarrow 32\mu\text{sec}$$

$$1 \text{ byte} = 10\text{bit} \text{ ----} \rightarrow 10 \times 32 = 320 \mu\text{sec}$$

Ωστόσο δεν είναι ξεκάθαρο πόσος χρόνος πρέπει να υπάρχει ανάμεσα σε δύο byte του ίδιου MIDI μηνύματος. Θεωρητικά θα πρέπει να είναι όσο το δυνατό μικρότερο για να έχουμε γρήγορη μεταφορά, δηλαδή να είναι της τάξης των 32μsec. Παρολαυτά στην πράξη, ιδιαίτερα όταν ένα MIDI μήνυμα περιλαμβάνει μεγάλο αριθμό bytes πολλές συσκευές δε στέλνουν τα δεδομένα στη μέγιστη ταχύτητα.

Κάποιες MIDI συσκευές παρουσιάζουν υπερχείλιση όταν τα δεδομένα στέλνονται με μέγιστη ταχύτητα λόγω ανεπαρκούς μεγέθους του buffer, δηλαδή της προσωρινής μνήμης που χρησιμοποιούν για την αποθήκευση των bytes πριν αυτά σταλούν στον επεξεργαστή.

## 5.5 MIDI Θύρες

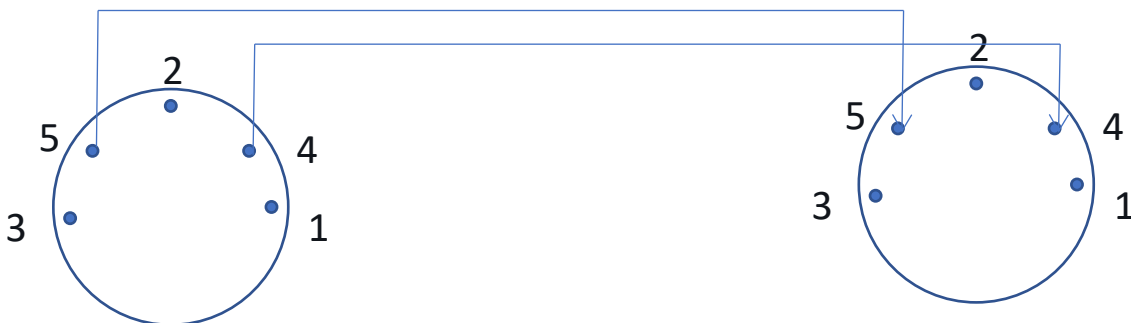
Πριν την εμφάνιση των πρωτοκόλλων USB και FireWire η μετάδοση μηνυμάτων MIDI επιτελούνταν μέσω εξειδικευμένων καλωδίων και βυσμάτων. Ο connector που χρησιμοποιούμε για τις MIDI διασυνδέσεις είναι ένας connector που έχει 5 pins σε διάταξη 180°. Η θύρα αυτή είναι γνωστή ως 5pin DIN (Deutsches Institut für Normung: οργανισμός ανάπτυξης γερμανικών προτύπων) connector και η μορφή της φαίνεται στο Σχήμα 5-4.



Σχήμα 5-4: MIDI Θύρες και καλώδιο MIDI

Λειτουργικά το MIDI Interface αποτελείται από τριών ειδών θύρες: MIDI IN, MIDI OUT και MIDI THRU. Το ρόλο του κάθε ενός από αυτούς θα τον εξετάσουμε αναλυτικά παρακάτω.

Από τις 5 θύρες, οι ακροδέκτες 1 και 3 δεν χρησιμοποιούνται. Ο ακροδέκτης 2 στις θύρες MIDI OUT και MIDI THRU, είναι αφιερωμένος στη γείωση (ground). Πρέπει να πούμε ότι η MIDI IN θύρα δεν έχει γείωση. Οι ακροδέκτες 4 και 5 δημιουργούν ένα βρόγχο ρεύματος έντασης 5 mA. Μια τάση 5V αντιστοιχεί σε αποστολή ενός bit τιμής 0 ενώ μια τάση 0V σε ένα bit τιμής 1. Στο ακόλουθο σχήμα φαίνεται ο βρόγχος μέσω του οποίου διοχετεύεται η τάση αυτή στις καλωδιώσεις MIDI.

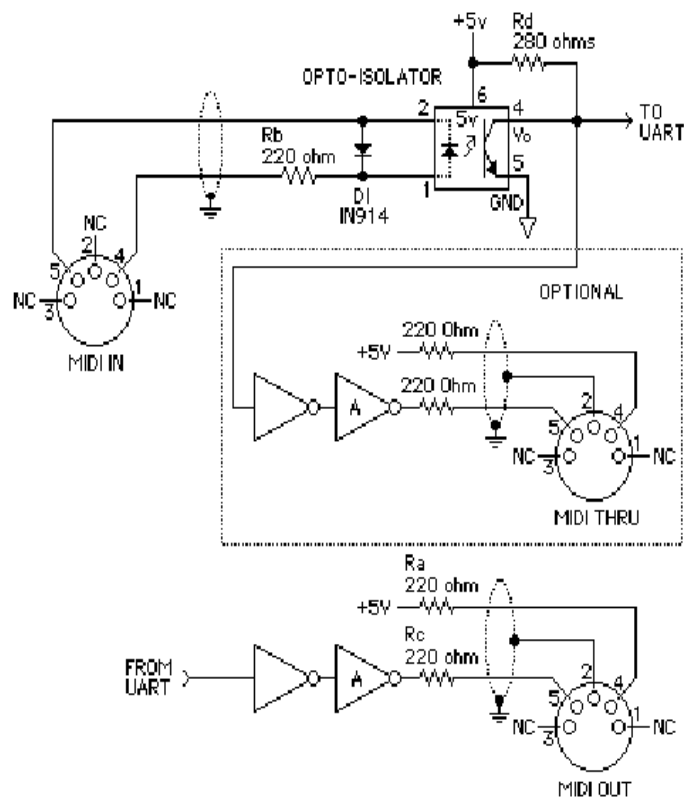


Σχήμα 5-5: Ροή ρεύματος στις MIDI θύρες.

Τα MIDI καλώδια δεν πρέπει να υπερβαίνουν σε μήκος 45 πόδια (15 μέτρα), γιατί διαφορετικά λόγω εξασθένησης και παρεμβολών μπορούν να αλλοιώσουν τα δεδομένα που μεταφέρουν. Πρέπει επίσης να προσεχθεί να μη γίνει λανθασμένη σύνδεση ή ένωση των μη συνδεδεμένων ακροδεκτών με κάποιους άλλους. Το Σχήμα 5-5 απεικονίζει τη σωστή συνδεσμολογία.

## 5.6 Οπτική μόνωση

Για την αποφυγή ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών, τη δημιουργία βρόγχων γείωσης και για την προστασία γενικά των κυκλωμάτων του MIDI Interface, κάθε MIDI IN θύρα είναι εξοπλισμένη με μια οπτοηλεκτρική απομόνωση. Αυτό θα αναλυθεί καλύτερα στο μάθημα των ηλεκτρονικών ωστόσο μπορούμε να πούμε ότι μπορεί να επιτευχθεί με την χρήση μίας φωτοδιόδου LED που συνδέεται με το τέλος της γραμμής που μεταφέρει τη MIDI πληροφορία και η οποία φωτοβολεί όταν περνάει ρεύμα 5V, για bit "0", ενώ δεν φωτοβολεί όταν δεν περνάει ρεύμα για bit "1". Σε σταθερή απόσταση από τη δίοδο υπάρχει ένα Φώτο-transistor το οποίο ανάλογα άγει ή όχι και επιτρέπει την διέλευση του ρεύματος. Αυτή η διάταξη ονομάζεται οπτο-coupler και συνήθως διατίθεται προκατασκευασμένη σε μια συσκευασία. Εξαιτίας της ηλεκτρικής απομόνωσης των κυκλωμάτων το ρίσκο αλληλεπίδρασης, μεταξύ των MIDI δεδομένων και των κυκλωμάτων των διαφόρων οργάνων και συσκευών, είναι ανύπαρκτο.



Copyright 1985 MIDI Manufacturers Association

Σχήμα 5-6: Οι ηλεκτρικές προδιαγραφές των MIDI IN, OUT και THRU.

Η καταλληλότητα ενός opto-coupler για το MIDI Interface εξαρτάται από το λόγο μεταφοράς (transfer ratio) και από το χρόνο απόκρισης (response time). Όταν λέμε λόγο

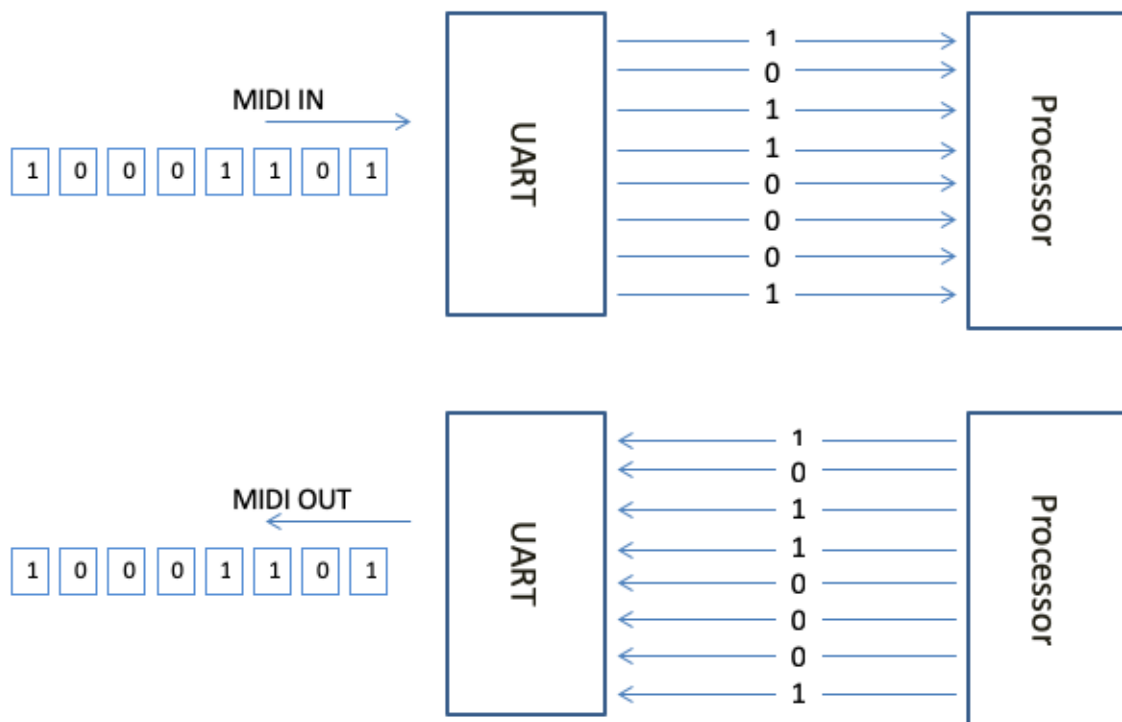
μεταφοράς εννοούμε την ένταση του ρεύματος εξόδου προς το ρεύμα εισόδου. Στη MIDI διασύνδεση έχουμε ρεύμα 5mA. Αν στην έξοδο του opto-coupler πάρουμε 2.5mA τότε έχουμε λόγο μεταφοράς 1:2. Για την περίπτωση του MIDI interface απαιτείται λόγος μεταφοράς τουλάχιστον 1:1. Επιπρόσθετα, ο χρόνος απόκρισης, δηλαδή ο χρόνος που απαιτείται από τη στιγμή που θα ανάψει το LED μέχρι να διέλθει ρεύμα από το transistor, απαιτείται αντίστοιχα να είναι μικρότερος από 2μSec. Δύο opto-isolators που πληρούν τις παραπάνω προδιαγραφές είναι οι Sharp PC-900 & Hewlett-Packard 6N138.

Στο Σχήμα 5-6 βλέπουμε το ηλεκτρικό κύκλωμα του δέκτη MIDI IN, αλλά και το κύκλωμα MIDI OUT & MIDI THRU. Παρατηρήστε τον optocoupler στη MIDI IN θύρα.

## 5.7 Μετατροπή δεδομένων

Τα δεδομένα που εισέρχονται από μια MIDI IN θύρα πρέπει να μετατραπούν από σειριακά σε παράλληλα έτσι ώστε να μπορεί να τα επεξεργαστεί ο μικροεπεξεργαστής και στη συνέχεια ξανά σε σειριακά για να βγουν από τη MIDI OUT θύρα. Για τη λειτουργία αυτή χρησιμοποιείται μια διάταξη που ονομάζεται **UART** (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) ή **ACIA** (Asynchronous Communication Interface Adapter).

Όταν ένα start bit ανιχνευθεί στη MIDI IN θύρα τότε η παραπάνω διάταξη περιμένει μέχρι να λάβει και τα υπόλοιπα 8 bit καταχωρώντας τα ένα προς ένα στη μνήμη του δηλαδή σε ένα καταχωρητή μνήμης. Όταν αφιχθεί και το stop bit τότε η UART στέλνει την ολοκληρωμένη πλέον MIDI λέξη στον μικροεπεξεργαστή σε παράλληλη μορφή με μια ξεχωριστή γραμμή για κάθε bit και επιστρέφει στη λειτουργία αναμονής για το επόμενο start bit κοκ. Στο Σχήμα 5-7 βλέπουμε τη διαδικασία αυτή και για τις δύο διευθύνσεις από τη MIDI IN στο μικροεπεξεργαστή μέσω της UART και αντίστροφα από τον επεξεργαστή στη MIDI OUT μέσω τις UART και πάλι.



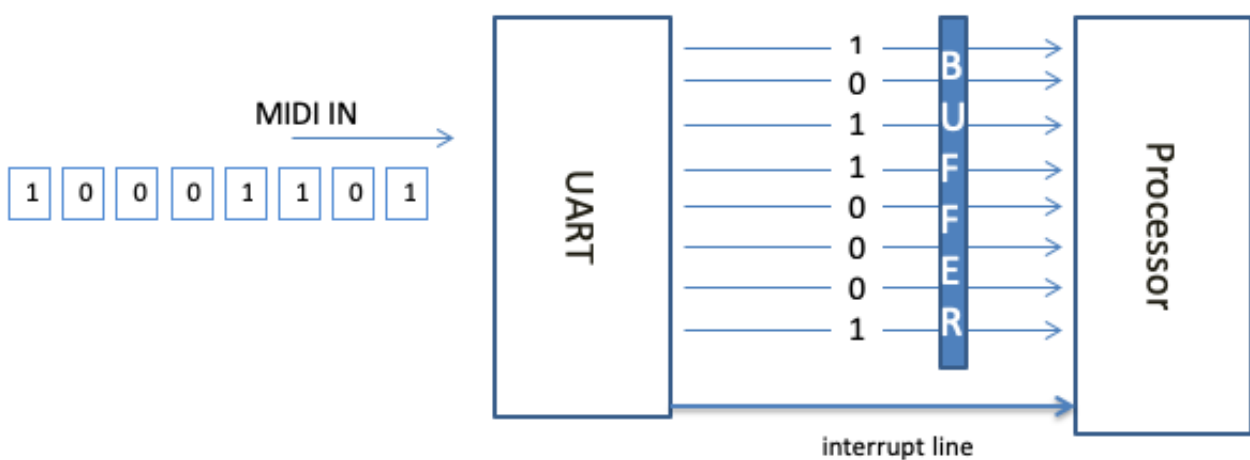
Σχήμα 5-7: Η UART κατά την είσοδο και την έξοδο της πληροφορίας.

## 5.8 Το σύστημα Interrupt Buffer

Για να κατανοήσουμε τη λειτουργία του Interrupt ασ φανταστούμε ότι η UART και ο μικροεπεξεργαστής είναι δύο τηλέφωνα. Αν για παράδειγμα το ένα (δηλαδή ο μικρ/στης) δεν έχει κουδούνι θα πρέπει να σηκώνουμε το ακουστικό αν θέλουμε να δούμε αν μας καλεί κάποιος (δηλαδή αν στέλνει πληροφορίες η UART). Το κουδούνι μας επιτρέπει να σηκώνουμε το ακουστικό μόνο όταν υπάρχει αποστολή δεδομένων. Αυτό το παράδειγμα δείχνει τη λειτουργία και το ρόλο του interrupt.

Ένα τέτοιο σύστημα interrupt δίνει τη δυνατότητα στον μικροεπεξεργαστή να εκτελεί διάφορες λειτουργίες την ώρα που περιμένει για MIDI πληροφορίες και τον προστατεύει από το να ξοδεύει χρόνο για αναμονή. Μόλις η UART δεχθεί δεδομένα MIDI τότε το σύστημα μέσω μίας ειδικής γραμμής ειδοποιεί τον μικροεπεξεργαστή ότι η UART είναι έτοιμη να στείλει τα δεδομένα σ' αυτόν. Μόλις ο επεξεργαστής πάρει αυτό το σήμα διακόπτει οτιδήποτε εκτελεί και δίνει προτεραιότητα στη διαδικασία υποδοχής. Αν κριθεί απαραίτητο αποθηκεύει τα δεδομένα MIDI σε ένα καταχωρητή μνήμης με σκοπό να τα διαχειριστεί στη συνέχεια.

Ο καταχωρητής μνήμης είναι αντίστοιχα με το παράδειγμά μας ο *τηλεφωνητής* ο οποίος κρατά τα μηνύματα μας ενόσω είμαστε απασχολημένοι σε κάτι άλλο. Η χρήση του καταχωρητή έχει τρία σημαντικά πλεονεκτήματα, α) ο μικροεπεξεργαστής μπορεί να συνεχίσει τη λειτουργία του χωρίς να έχει την ανάγκη να βλέπει συνέχεια την MIDI IN θύρα, β) κάθε byte μπορεί να διαχειρισθεί αμέσως με την άφιξη του χωρίς να περιμένει την απάντηση του μικρ/στης, γ) δεν υπάρχει κίνδυνος απώλειας δεδομένων εκτός αν και ο καταχωρητής υπερφορτωθεί. Δηλαδή αν πάρουμε και πάλι το παράδειγμα με τον τηλεφωνητή αυτός μπορεί να δεχθεί ένα συγκεκριμένο αριθμό τηλεφωνημάτων, τα υπόλοιπα θα χαθούν. Έτσι και ο καταχωρητής μνήμης μπορεί να δεχθεί μια συγκεκριμένη ποσότητα δεδομένων και τα υπόλοιπα χάνονται αν δεν εκκενωθεί στον κατάλληλο χρόνο από τον επεξεργαστή. Σε αυτήν την περίπτωση κατάλληλα μηνύματα κινδύνου που εμφανίζονται στις οθόνες των synthesizers ή των υπολογιστών, μας ειδοποιούν για την απώλεια των δεδομένων. Τέτοια μηνύματα είναι **MIDI Overflow, Buffer Overflow & MIDI Buffer full**. Είναι προφανές για ένα MIDI όργανο ότι όσο μεγαλύτερη είναι η μνήμη του καταχωρητή αυτού (MIDI buffer) τόσο καλύτερο είναι το όργανο αυτό.



Σχήμα 5-8: Ο ρόλος του interrupt buffer.

Όταν ο επεξεργαστής στέλνει δεδομένα η UART λειτουργεί με τον αντίστροφο ακριβώς τρόπο. Μόλις πάρει τα δεδομένα από τον μικροεπεξεργαστή στέλνει ένα start bit και στη συνέχεια ένα-ένα τα bit σε σειριακή μορφή ξεκινώντας από το λιγότερο σημαντικό, και ολοκληρώνει την αποστολή προσθέτοντας στο τέλος και ένα stop bit. Στη συνέχεια ειδοποιεί τον επεξεργαστή ότι είναι έτοιμη να χειριστεί το επόμενο byte. Προκειμένου να σταλούν τα δεδομένα στη σωστή ταχύτητα (31250 bps) χρησιμοποιείται ένα εσωτερικό clock με ένα ταλαντωτή στα 1 Mhz ή στα 500kHz που αντίστοιχα διαιρείται με το 32 ή το 16 ( $1\text{MHz}/32 = 31250$ ,  $500\text{kHz}/16 = 31250$ ).

Στο Σχήμα 5-8 βλέπουμε τη διάταξη του καταχωρητή και του interrupt.

## 5.9 MIDI συνδέσεις

Πριν αρχίσουμε να μιλάμε για τις βασικές αρχές των MIDI συνδέσεων πρέπει να δούμε γενικά τους διάφορους τύπους που μπορεί να έχει η σύνδεση για ένα interface.

Σε μια διασύνδεση λοιπόν μεταξύ μιας συσκευής A και μιας συσκευής B μπορούμε να έχουμε τις παρακάτω τρεις πιθανές συνδέσεις. Από το A στο B, από το B στο A και προς τις δύο κατευθύνσεις ταυτόχρονα. Στις δύο πρώτες περιπτώσεις η σύνδεση είναι μιας κατεύθυνσης, ενώ στην τελευταία είναι δι-κατευθυντική. Για να λειτουργήσει μια τέτοια σύνδεση θα πρέπει να υπάρχει μια φυσική γραμμή (δηλ. ένα ξεχωριστό καλώδιο) για κατεύθυνση.

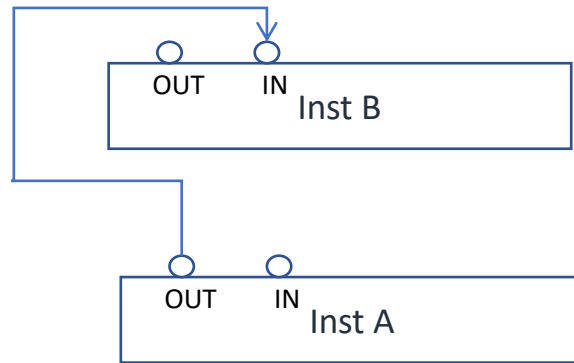
Παραπάνω ωστόσο μιλήσαμε για συνδέσεις μεταξύ δύο μόνο συσκευών. Δεν υπάρχει όμως ο περιορισμός για σύνδεση περισσοτέρων από δύο. Αυτό είναι η ιδιαιτερότητα του MIDI, το οποίο θεωρητικά μπορεί να υποστηρίξει άπειρο αριθμό οργάνων και συσκευών.

### 5.9.1 MIDI IN & MIDI OUT (βασική σύνδεση)

Όπως μπορεί να γίνει εύκολα κατανοητό και με βάσει ότι έχει αναφερθεί μέχρι τώρα, ένας controller δηλ. μία συσκευή στην οποία παράγονται MIDI μηνύματα θα έχει τουλάχιστον μία θύρα MIDI OUT, δηλαδή μία θύρα μέσω της οποίας εκπέμπονται δεδομένα. Επίσης, μια συσκευή η οποία λειτουργεί ως δέκτης τέτοιων μηνυμάτων (π.χ. μια γεννήτρια ήχου) θα έχει τουλάχιστον μία MIDI IN θύρα για τη λήψη δεδομένων.

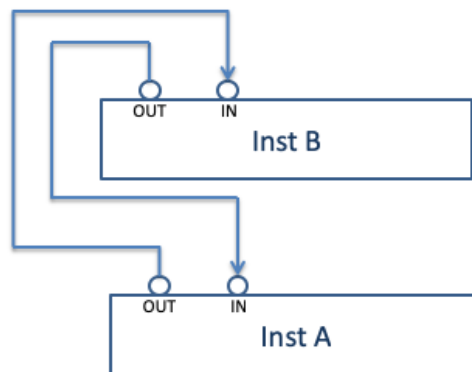
Εντούτοις ορισμένες συσκευές MIDI διαθέτουν μία MIDI IN και μία MIDI OUT θύρα. Φανταστείτε την περίπτωση ενός synthesizer, δηλαδή μιας συσκευής που διαθέτει και keyboard controller και ενσωματωμένη γεννήτρια ήχου. Μια τέτοια συσκευή μπορεί να λειτουργεί είτε ως controller (συνδεδεμένος με εξωτερική γεννήτρια ήχου μέσω της θύρας MIDI OUT), είτε ως γεννήτρια ήχου (η οποία θα λαμβάνει δεδομένα από εξωτερικό controller μέσω της MIDI IN θύρας), είτε τέλος ως controller και γεννήτρια ήχου (δηλαδή χωρίς τη σύνδεση με άλλη συσκευή).

Η πιο απλή διασύνδεση μεταξύ δύο MIDI συσκευών A και B είναι η σύνδεση από τη MIDI OUT του A στη MIDI IN θύρα του B. Η σύνδεση αυτή που φαίνεται στο Σχήμα 5-9, επιτρέπει κάθε φορά που πιέζουμε ένα πλήκτρο από το όργανο A να παίζει και το όργανο B την ίδια νότα.



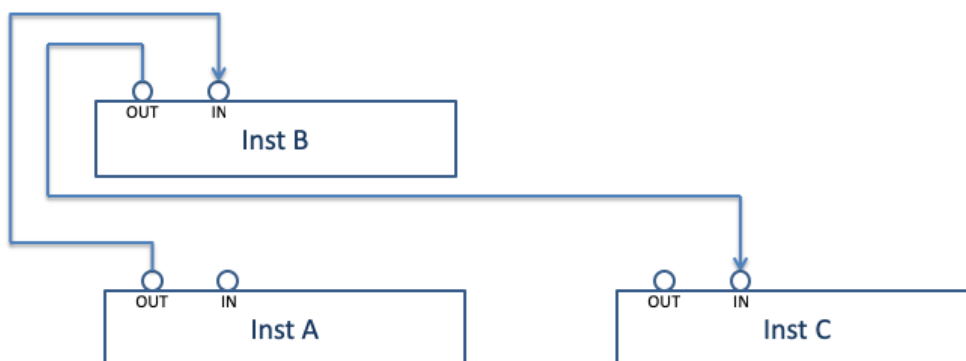
Σχήμα 5-9: Σύνδεση μίας κατεύθυνσης από το όργανο A στο όργανο B.

Συνδέοντας τις δύο συσκευές από την A στη B και από τη B στην A με τη σύνδεση της MIDI IN θύρας της μίας με τη MIDI OUT της άλλης έχουμε τη βασική δικατευθυντική διασύνδεση η οποία χρησιμοποιεί δύο γραμμές (καλώδια). Η σύνδεση φαίνεται στο Σχήμα 5-10.



Σχήμα 5-10: Σύνδεση διπλής κατεύθυνσης από το όργανο A στο όργανο B.

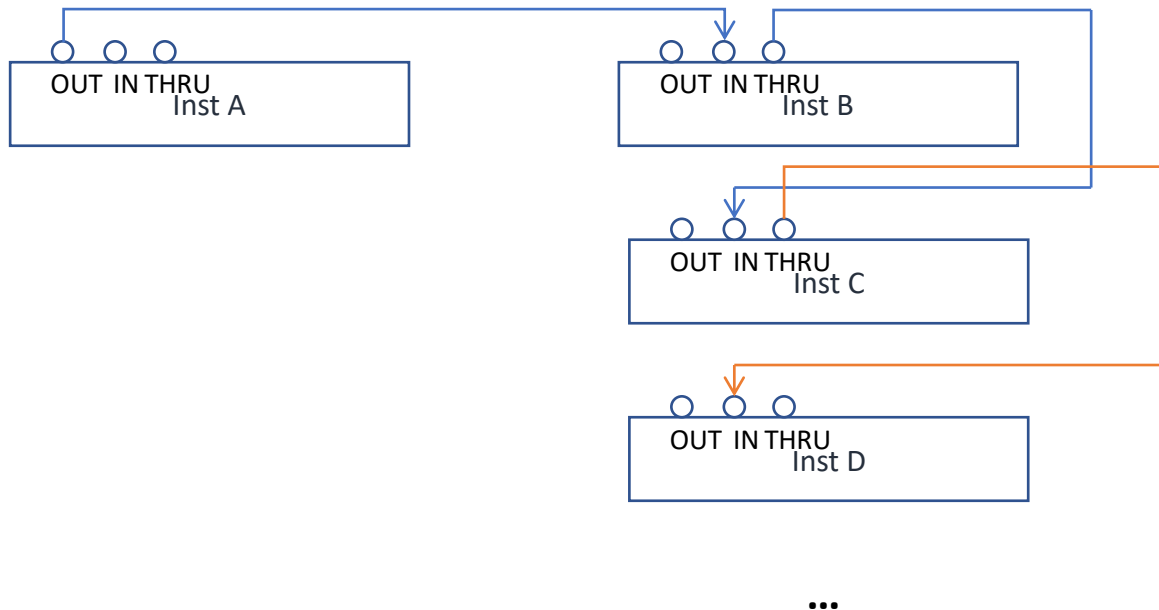
Με την ίδια λογική μπορούμε να συνδέσουμε και ένα τρίτο όργανο C που να ελέγχεται από το B, ενώ το B ελέγχεται από το A, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5-11.



Σχήμα 5-11: Σύνδεση με τρίτο όργανο C.

## 5.9.2 MIDI THRU Θύρα

Το σύστημα που περιγράψαμε παραπάνω μπορεί να πάρει μεγάλο αριθμό συσκευών, δεν επιτρέπει όμως σε μια συσκευή να ελέγχει παραπάνω από μία άλλη συσκευή. Δηλαδή δεν μπορούμε από ένα keyboard που διαθέτει μόνο MIDI IN & MIDI OUT θύρες να ελέγχουμε για παράδειγμα 5 άλλα synthesizer. Αυτός είναι και ο λόγος που τα περισσότερα όργανα και MIDI συσκευές διαθέτουν ένα τρίτο είδος MIDI θύρας που ονομάζεται MIDI THRU. Αυτή η θύρα επανεκπέμπει τα δεδομένα που φτάνουν στη MIDI IN θύρα όπως ακριβώς ήταν, χωρίς να προκαλέσει καμιά αλλαγή. Με άλλα λόγια στην έξοδο της MIDI THRU θύρας παράγεται ένα αντίγραφο των δεδομένων που καταφθάνουν στη MIDI IN.



Σχήμα 5-12: Daisy-chaining

Έτσι για παράδειγμα αν θέλουμε να ελέγχουμε από το όργανο A τα όργανα B,C,D, θα πρέπει να συνδέσουμε από τη MIDI OUT του A στη MIDI IN του B και από τη MIDI THRU θύρα του B στη MIDI IN του C και από τη MIDI THRU C στη MIDI IN του D. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 5-12 σε αυτή τη συνδεσμολογία τα όργανα B, C και D λαμβάνουν την ίδια πληροφορία, αυτή που παράγεται στο όργανο A. Μπορούμε να συνεχίσουμε αυτήν την ακολουθία θεωρητικά έπ' άπειρο. Αυτός ο τύπος της διασύνδεσης είναι γνωστός σαν daisy-chain ή cascade-type link.

Όπως είπαμε και παραπάνω ο αριθμός των συσκευών που μπορούν να συνδεθούν με αυτόν τον τρόπο είναι θεωρητικά απεριόριστος. Ωστόσο υπάρχει ένα πρόβλημα. Κάθε MIDI IN θύρα εισαγάγει μια μικρή χρονοκαθυστέρηση που εξαρτάται από το χρόνο απόκρισης του opto-coupler και που μια συνηθισμένη τιμή της είναι 2μSec. Αυτή η χρονική καθυστέρηση για μικρό αριθμό οργάνων δεν είναι αισθητή, για μεγαλύτερο όμως μπορούμε να την ακούσουμε. Για το λόγο αυτό στην παραπάνω συνδεσμολογία (daisy-chain) δεν ενδείκνυται να συνδέουμε πάνω από τρεις συσκευές.

## 5.10 Συσκευές δρομολόγησης

Η ανάγκη σύνδεσης μεγάλου αριθμού συσκευών χωρίς τα προβλήματα καθυστέρησης και αλλοίωσης του σήματος όπως είδαμε παραπάνω οδήγησε στη δημιουργία ειδικών

συσκευών δρομολόγησης που έχουν σαν σκοπό να βελτιώνουν την απόδοση των MIDI ενώσεων. Παρακάτω θα δούμε και θα εξετάσουμε μερικές από αυτές.

### 5.10.1 MIDI THRU Box

Το MIDI THRU box είναι η εναλλακτική λύση στο daisy chain σύνδεση που είδαμε παραπάνω. Αποτελείται από μία MIDI IN θύρα και ένα αριθμό από MIDI THRU θύρες, ανάλογα τη συσκευή. Το MIDI σήμα που εισέρχεται στη MIDI IN θύρα "αντιγράφεται" και μεταδίδεται από όλες τις MIDI THRU θύρες. Αυτή η τεχνική προλαμβάνει την καταστροφή του MIDI σήματος και απελευθερώνει τις MIDI THRU θύρες των επιμέρους οργάνων για επιπλέον συνδέσεις. Επίσης, σε σύγκριση με τη διασύνδεση daisy-chain, για κάθε όργανο τα δεδομένα εισέρχονται από δύο MIDI IN θύρες (μία του THRU box και μία του οργάνου) κι επομένως η καθυστέρηση δεν αυξάνει αθροιστικά για κάθε όργανο.



Σχήμα 5-13: MIDI THRU box.

Το MIDI THRU Box θα μπορούσε για παράδειγμα να χρησιμοποιηθεί εάν θέλαμε από τον ίδιο controller να στέλνουμε δεδομένα σε περισσότερες από μία γεννήτριες ήχου. Στο

Σχήμα 5-13 απεικονίζεται ένα MIDI THRU Box με πέντε θύρες THRU, δηλαδή με δυνατότητα προώθησης των δεδομένων που εισέρχονται στη θύρα MIDI IN σε πέντε διαφορετικά όργανα.

### 5.10.2 MIDI Merger

Ας υποθέσουμε ότι θέλουμε να ελέγξουμε ένα όργανο C από δύο όργανα A και B, ταυτόχρονα. Για παράδειγμα, θεωρήστε ότι έχω δύο controllers και θέλω τα δεδομένα που παράγονται σε αυτούς να στέλνονται στο ίδιο sound module. Για την περίπτωση αυτή θα πρέπει να αναμίξουμε τα σήματα από τις δύο MIDI OUT θύρες των οργάνων A και B. Είναι προφανές, ωστόσο το αναφέρουμε, ότι η μίξη αυτή δεν έχει καμία σχέση με τη μίξη που κάνουμε σε δύο ή περισσότερα ακουστικά σήματα προκειμένου να πάρουμε ένα τελικό. Σε σήματα ελέγχου αντί του όρου μίξη (mixing) χρησιμοποιείται ο όρος συγχώνευση (merging).



Σχήμα 5-14: MIDI Merger τεσσάρων εισόδων.

Έτσι, το MIDI merger είναι ένα κουτί δρομολόγησης δεδομένων που διαθέτει πολλαπλές MIDI IN θύρες και μία MIDI OUT. Στην ουσία μια τέτοια συσκευή δίνει προτεραιότητα στα MIDI μηνύματα που έρχονται από τα όργανα με τα οποία είναι συνδεδεμένες οι εισοδοί του. Διοχετεύει αυτά με την μεγαλύτερη προτεραιότητα και κρατά τα υπόλοιπα για να τα διοχετεύσει αμέσως μετά.

Κάποια MIDI merger διαθέτουν δύο MIDI IN θύρες, ενώ επίσης διατίθενται MIDI Mergers και με μεγαλύτερο πλήθος θυρών IN. Στο Σχήμα 5-14, απεικονίζεται ένας MIDI Merger τεσσάρων εισόδων.

### 5.10.3 MIDI Patch

Το MIDI patch είναι μία πιο γενικευμένη συσκευή που αποτελείται από συγκεκριμένο αριθμό από θύρες MIDI IN και MIDI OUT. Ένα για παράδειγμα 8X8 θα έχει 8 IN και 8 OUT (Σχήμα 5-15). Αφού συνδέσουμε τις MIDI IN & MIDI OUT των οργάνων στις αντίστοιχες MIDI OUT & MIDI IN του MIDI patch στη συνέχεια πρέπει να προγραμματίσουμε κάθε MIDI IN θύρα σε ποιες MIDI OUT θα δίνει σήμα. Κάθε MIDI OUT θύρα του patch δέχεται σήμα μόνο από μία MIDI IN εκτός και αν το patch διαθέτει και MIDI merger οπότε μπορούν να γίνουν πιο πολύπλοκοι συνδυασμοί.



Σχήμα 5-15: MIDI Patch 8 x 8.

## 5.11 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι ονομάζουμε Σειριακή και τι Παράλληλη διασύνδεση;
2. Ποια είναι η ταχύτητα ροής δεδομένων σε ένα MIDI link;
3. Ποια η χρήση των start & stop bits;
4. Μέχρι πόσα μέτρα είναι το μέγιστο μήκος που ενδείκνυται για μια MIDI γραμμή και γιατί;
5. Τι είναι το UART και το Interrupt Buffer;
6. Εξηγήστε τη λειτουργία του MIDI THRU box , του MIDI merger και του MIDI patch.
7. Αν έχουμε ένα keyboard A και με αυτό θέλουμε να ελέγξουμε τέσσερα άλλα B,C,D,E, σχεδιάστε τις συνδέσεις α) μόνο με MIDI καλώδια, β) με τη χρήση MIDI THRU box, γ) με τη χρήση MIDI patch.

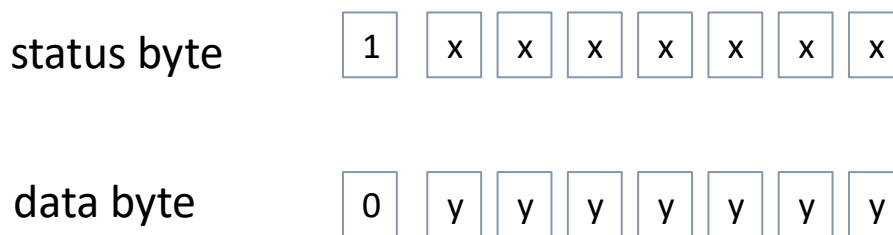
## 6 Το Πρωτόκολλο MIDI

Το κεφάλαιο αυτό περιγράφει η γενικότερη σύνταξη των μηνυμάτων MIDI, τις κατηγορίες στις οποίες χωρίζονται καθώς και μία πρώτη επισκόπηση του κάθε μηνύματος. Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των μηνυμάτων αυτών αναλύονται στα επόμενα κεφάλαια.

### 6.1 Σύνταξη Μηνυμάτων

Όπως είπαμε και πιο πάνω το interface του MIDI μεταφέρει πληροφορίες που στην ουσία κωδικοποιούν τη μουσική εκτέλεση. Για το σκοπό αυτό μια και πρόκειται για ψηφιακό interface χρησιμοποιούνται bytes άρα πεπερασμένος αριθμός τιμών και όχι άπειρος όπως συμβαίνει με το αναλογικό ηλεκτρικό σήμα. Αυτά τα bytes που είναι κατά κάποιον τρόπο το αλφάβητο του MIDI δημιουργούν στη συνέχεια λέξεις και προτάσεις και έτσι προκύπτει η “γλώσσα” του MIDI.

Ειδικότερα, κάθε ενέργεια ενός μουσικού (σε κάποιο controller) κωδικοποιείται ως ένα ξεχωριστό MIDI μήνυμα. Κάθε μήνυμα αποτελείται από μια ακολουθία από MIDI Bytes. Έτσι, υπάρχουν μηνύματα που κωδικοποιούνται σε ένα byte, άλλα σε δύο bytes κ.ο.κ. Σε κάθε μήνυμα, το πρώτο byte ονομάζεται **status byte**, ενώ τα bytes που ακολουθούν ονομάζονται **data bytes**. Το μεν status έχει πάντοτε την τιμή ‘1’ στο αριστερότερο (δηλ. το πλέον σημαντικό bit – most significant bit), ενώ το data byte έχει πάντοτε την τιμή ‘0’ στο msb.



Σχήμα 6-1: Σύνταξη status και data. Η διαφορά σύνταξης έγκειται στο msb.

Λειτουργικά η διαφορά τους οφείλεται στο είδος της πληροφορίας που μεταφέρουν. Ειδικότερα το status byte καθορίζει το είδος του μηνύματος, δηλαδή την εντολή που πρέπει να εκτελεστεί (π.χ. παίξιμο ή απελευθέρωση μιας νότας, ενεργοποίηση sustain pedal, τη μετακίνηση ενός pitch wheel κ.λπ.), ενώ τα data bytes μεταφέρουν τα δεδομένα που απαιτούνται προκειμένου να εκτελεστεί το μήνυμα (π.χ. ποια νότα παίχθηκε, με τι ένταση παίχθηκε, μέχρι ποια τιμή πρέπει να εκτελεσθεί το pitch bend κ.ο.κ.)

Χωρίς καμιά εξαίρεση κάθε MIDI πληροφορία μεταδίδεται με αυτή τη μορφή, δηλαδή ένα status byte ακολουθούμενο από κάποια data bytes. Το πλήθος των data bytes που ακολουθούν ένα status byte, εξαρτάται από το είδος του μηνύματος που καθορίζεται από το status byte και μπορεί να είναι από 0 (κανένα data byte) έως θεωρητικά απεριόριστο.

Κάθε byte που όπως ξέρουμε αποτελείται από 8 bit μπορεί να πάρει 256 διαφορετικές τιμές (από 0 έως  $255=2^8$ ). Καθώς όμως το πρώτο bit (msb) χρησιμοποιείται για να διαχωρίσει τα status από τα data bytes, απομένουν 7 bits πληροφορίας, δηλαδή οι τιμές για τα bits που απομένουν μπορούν πλέον να είναι 128 (από 0 έως 127).

## 6.2 MIDI κανάλια και διευθυνσιοδότηση

Όπως είδαμε και στο κεφάλαιο που αναφέρονταν στις IN, OUT και THRU συνδέσεις, η MIDI διασύνδεση δεν έχει περιορισμό ως προς τον αριθμό των συσκευών που μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους. Οι THRU θύρες και τα κουτιά συνδέσεων μπορούν θεωρητικά να διαχειρισθούν απεριόριστο αριθμό MIDI συσκευών με μοναδικό περιορισμό την δυνατότητα κάλυψης της ροής δεδομένων και το μήκος των γραμμών.

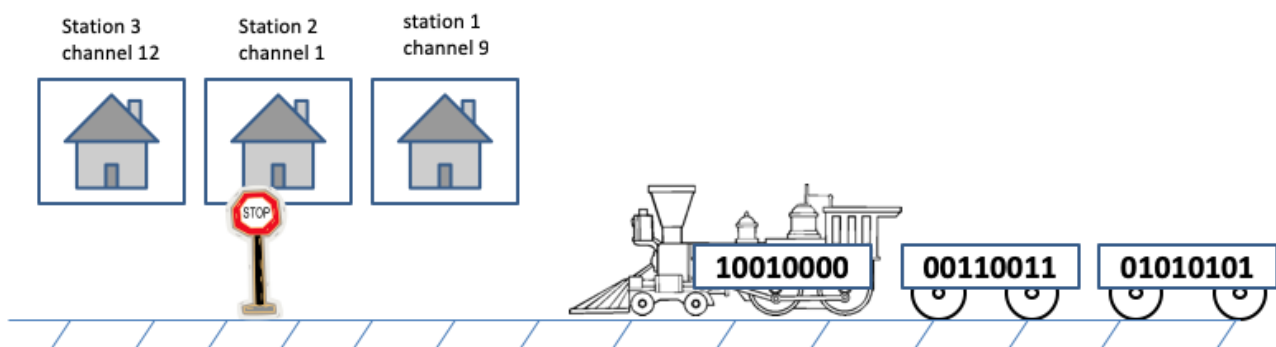
Είδαμε επίσης τους διάφορους τρόπους σύνδεσης μεταξύ διαφόρων συσκευών. Σε όλες αυτές τις συνδέσεις όταν ένας αριθμός από γεννήτριες συνδεθούν με ένα keyboard για παράδειγμα, η εκτέλεση μιας νότας στο keyboard έχει ως αποτέλεσμα την αποστολή του αντίστοιχου μηνύματος σε όλες τις συνδεδεμένες γεννήτριες. Έτσι, θεωρητικά όποτε επιθυμούμε να ελέγχουμε κάθε γεννήτρια ανεξάρτητα, θα πρέπει να αλλάζουμε τις συνδέσεις. Στην πραγματικότητα αυτό δεν είναι απαραίτητο.

Η λύση στο παραπάνω πρόβλημα για τον έλεγχο διαφορετικών συσκευών ξεχωριστά και συγχρόνως ταυτόχρονα χωρίς να αλλάζουμε τις συνδέσεις είναι η δημιουργία ενός συστήματος διευθυνσιοδότησης (addressing). Με το σύστημα αυτό, που χρησιμοποιείται κατά κόρον στα περισσότερα ψηφιακά δίκτυα, δίνουμε σε κάθε συσκευή μια συγκεκριμένη διεύθυνση. Τα δεδομένα φτάνουν σε όλες τις συσκευές μιας και κινούνται στην κοινή γραμμή, αναγνωρίζονται όμως και εκτελούνται μόνο από τη συσκευή που έχει τη διεύθυνση για την οποία προορίζονται. Οι υπόλοιπες συσκευές αγνοούν τα παραπάνω δεδομένα.

Η πληροφορία που αντιστοιχεί στη διεύθυνση στην οποία απευθύνονται τα δεδομένα, αποτελεί μέρος του status και είναι γνωστή ως MIDI Channel.

### 6.2.1 Διευθυνσιοδότηση στο Daisy Chain Network

Μπορεί κανείς να παραλληλίσει ένα MIDI network με ένα σιδηρόδρομο όπου τα διάφορα όργανα είναι οι σταθμοί ενώ τα MIDI μηνύματα είναι το τρένο με τη μηχανή να αναπαριστά τα status data, τα βαγόνια τα data bytes και τη σιδηροδρομική γραμμή το καλώδιο σύνδεσης.



Σχήμα 6-2: Το daisy-chain network.

Όταν πιέζουμε ένα πλήκτρο ένα τρένο φεύγει από το σταθμό εκκίνησης, μέσω της MIDI OUT θύρας. Ο μηχανοδηγός (status byte) μεταφέρει τις πληροφορίες για το είδος των δεδομένων και για το ποιοι σταθμοί δηλαδή ποια όργανα θα πρέπει να παραλάβουν την πληροφορία που κουβαλάνε οι επιβάτες στα βαγόνια του τρένου (data bytes).

Το τρένο περνά από όλους τους σταθμούς, στους επιβάτες όμως επιτρέπεται να κατεβούν μόνο στο σταθμό για τον οποίο προορίζονται. Το παρακάτω σχήμα δείχνει αυτή τη διαδικασία.

Για να επαναλάβουμε, η μονάδα που δημιουργεί τα MIDI δεδομένα καθορίζει το κανάλι στο οποίο εκπέμπει μέσα από το status byte.

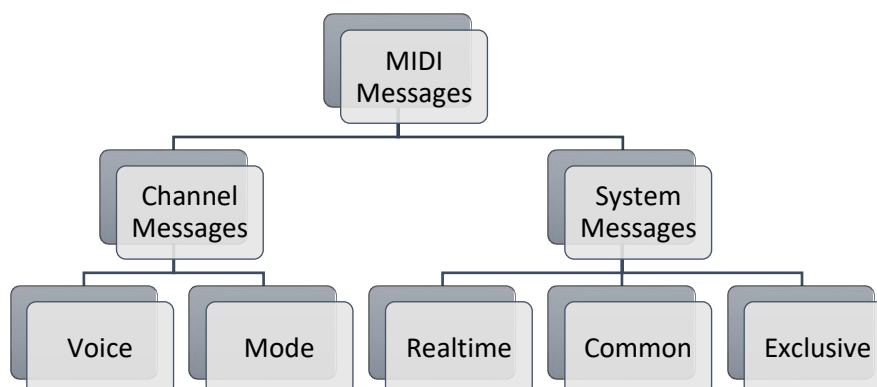
### 6.2.2 MIDI Κανάλια και MIDI Προγράμματα

Παρεμπιπτόντως, το πρωτόκολλο διαθέτει 16 διαφορετικά MIDI κανάλια και στο κάθε κανάλι αντιστοιχίζεται σε ένα διαφορετικό ηχόχρωμα, σε μία διαφορετική χροιά, ένα διαφορετικό πρόγραμμα (σε ορολογία MIDI το ηχόχρωμα ονομάζεται πρόγραμμα/program). Αυτό σε καμία περίπτωση δε σημαίνει ότι το MIDI υποστηρίζει 16 ηχοχρώματα. Όπως θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο το MIDI μπορεί να υποστηρίξει απεριόριστο αριθμό ηχοχρωμάτων. Εντούτοις, ανά πάσα στιγμή ένα από το 16 κανάλια μπορεί να αντιστοιχισθεί σε ένα μονάχα από τα διαθέσιμα ηχοχρώματα.

Μπορεί να γίνει ευκολότερα αντιληπτή αυτή η αντιστοιχία αν παραλληλίσουμε τα MIDI κανάλια με τα κανάλια της τηλεόρασης. Ένας τηλεοπτικός δέκτης διαθέτει περιορισμένο αριθμό καναλιών (π.χ. 32), εντούτοις τα τηλεοπτικά προγράμματα που εκπέμπονται μπορούν θεωρητικά να είναι απεριόριστα. Σε κάθε στιγμή κάθε κανάλι είναι συντονισμένο σε ένα μονάχα πρόγραμμα, αν και το σε ποιο πρόγραμμα είναι συντονισμένο μπορεί να αλλάξει, ενώ επίσης στο ίδιο πρόγραμμα μπορούν να είναι συντονισμένα περισσότερα από ένα κανάλια. Αντίστοιχα, μια MIDI συσκευή, βάση του πρωτοκόλλου διαθέτει 16 κανάλια, καθένα εκ των οποίων μπορεί να αντιστοιχισθεί σε ένα διαφορετικό πρόγραμμα (ηχόχρωμα), ενώ επίσης διαφορετικά κανάλια μπορούν να αντιστοιχούνται στο ίδιο πρόγραμμα. Φυσικά, η αντιστοιχία του σε ποιο κανάλι αντιστοιχεί ποιο όργανο μπορεί να αλλάξει σε οποιαδήποτε στιγμή.

### 6.3 Είδη μηνυμάτων

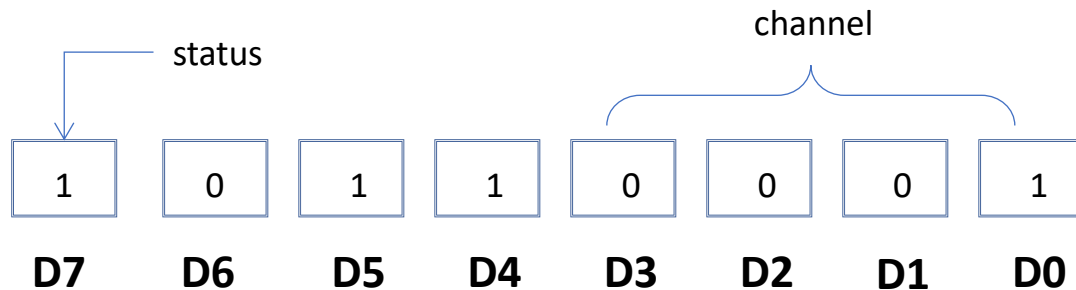
Υπάρχουν MIDI πληροφορίες που δεν απευθύνονται σε ένα μόνο κανάλι αλλά σε ολόκληρη την MIDI διασύνδεση. Αυτές οι πληροφορίες δεν υπάγονται στον κανόνα που θέλει το κάθε MIDI μήνυμα να περιέχει και μια channel πληροφορία. Υπάρχουν λοιπόν δύο μεγάλες κατηγορίες μηνυμάτων τα channel messages και τα system messages τα οποία με τη σειρά τους χωρίζονται σε υπο-κατηγορίες που θα τις δούμε παρακάτω. Η ταξινόμηση των μηνυμάτων MIDI σε κατηγορίες αναπαρίσταται στο Σχήμα 6-3.



Σχήμα 6-3: Ταξινόμηση μηνυμάτων MIDI σε κατηγορίες.

### 6.3.1 Channel Messages

Ο αριθμός των MIDI καναλιών είναι περιορισμένος και είναι 16 (0-15). Η δυαδική αναπαράσταση των 16 τιμών αυτών απαιτεί 4 bit. Όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα τα 4 λιγότερο σημαντικά bit του status byte χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του MIDI καναλιού.



Σχήμα 6-4: Το κανάλι αναπαρίσταται στα τέσσερα λιγότερα σημαντικά bits του status byte.

Έτσι ανάλογα με την τιμή τις δεύτερης τετράδας του status byte έχουμε ένα από τα 16 κανάλια, τα οποία αναπαρίστανται στον ακόλουθο πίνακα.

<b>Bin</b>	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
<b>Channel</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Βλέπουμε καθαρά ότι για ένα status byte, που όπως είπαμε αποτελείται από 8 bit, τα 4 λιγότερο σημαντικά από αυτά χρησιμοποιούνται για την κωδικοποίηση του καναλιού (D0-D3), ενώ το D7 χρησιμοποιείται για τον διαχωρισμό των status από τα data bytes. Αυτά που μένουν για τον προσδιορισμό του είδους της μουσικής εντολής είναι μόνο 3 bit (D4,D5,D6).

Στον πίνακα που ακολουθεί βλέπουμε το είδος του μηνύματος (μουσικής εντολής) ανάλογα με την τιμή των τριών bit που απομένουν.

<b>D6D5D4 (Bin)</b>	<b>Είδος Μηνύματος</b>
000	Απελευθέρωση νότας (note off)
001	Πίεση νότας (note on)
010	polyphonic key pressure
011	Control Change
100	Program Change
101	Channel pressure (aftertouch)
110	Pitch Bend

Έτσι αν μια νότα πιέζονταν και η πληροφορία αυτή προορίζονταν για το κανάλι 3 τότε το status byte θα είχε τη μορφή: 10010010. Η νότα αυτή όταν απελευθερώνονταν θα έστελνε ένα μήνυμα που θα είχε την παρακάτω μορφή: 10000010.

Τα Channel messages χωρίζονται με τη σειρά τους σε δύο κατηγορίες τα Voice messages και τα Mode messages. Οι γεννήτριες ήχου στα διάφορα (synthesizers, samplers κλπ.) μπορούν να αναπαράγουν ταυτόχρονα ένα μεγάλο αριθμό από νότες. Ο αριθμός αυτός εξαρτάται από την πολυφωνία του οργάνου, τον αριθμό, ας πούμε, των ανεξάρτητων γεννητριών που διαθέτει.

Τα Voice messages αφορούν στον έλεγχο παραμέτρων του ήχου. Τα Mode messages (δηλ η δεύτερη υποκατηγορία των channel messages, βλέπε Σχήμα 6-3) έχουν να κάνουν με τον τρόπο λειτουργίας (operating mode) του καναλιού. Από τα μηνύματα του προηγούμενου πίνακα μονάχα ένα μέρος των control change μηνυμάτων αποτελούν την κατηγορία channel mode.

### 6.3.2 System Messages

Σε αντίθεση με τα channel μηνύματα τα system μηνύματα είναι αυτά που λαμβάνονται από το σύνολο μιας MIDI διασύνδεσης και όπως είναι φυσικό δεν χρησιμοποιούν τα bits που προορίζονται για την channel πληροφορία, δηλαδή τα τέσσερα λιγότερα σημαντικά bits. Όπως θα προσέξατε στον προηγούμενο πίνακα υπάρχει μια τιμή για τα bit D6,D5,D4, που δε χρησιμοποιήθηκε. Αυτή η τιμή (111) για τα παραπάνω bits είναι που χαρακτηρίζεται System status bytes και επομένως τα system messages. Άρα τα 4 πρώτα bits για αυτή την περίπτωση θα είναι πάντα (1111). Αυτά τα bits, που σε άλλη περίπτωση θα περιείχαν την πληροφορία του καναλιού, τώρα μας διαθέτουν 16 τιμές για διαφορετικές πληροφορίες. Αυτές οι 16 τιμές χωρίζονται με τη σειρά τους σε τρεις κατηγορίες. Έξι System Common messages, οκτώ System Real Time messages και δύο System Exclusive messages.

Στον ακόλουθο πίνακα παρατίθενται τα διαθέσιμα System Messages με βάση την τιμή του status byte.

Status byte (Bin)	Είδος Μηνύματος
11110000	System Exclusive
11110001	MIDI Time Code quarter frame
11110010	Song position Pointer
11110011	Song Select
11110100	-Μη ορισμένο-
11110101	-Μη ορισμένο-
11110110	Tune Request
11110111	End of Exclusive (EOX)
11111000	Timing Clock
11111001	-Μη ορισμένο-
11111010	Start
11111011	Continue
11111100	Stop

11111101	-Μη ορισμένο-
11111110	Active Sensing
11111111	System Reset

Παρατηρούμε ότι υπάρχουν ορισμένα bytes που είναι «μη ορισμένα». Αυτό σημαίνει ότι για τα bytes αυτά δεν έχει προς το παρόν ορισθεί κάποια λειτουργία, κάποιο μήνυμα. Τα bytes αυτά δεν αναγνωρίζονται και δεν εκτελούνται από τις MIDI συσκευές.

## 6.4 Συστήματα αρίθμησης (δυναδικό, δεκαδικό δεκαεξαδικό)

Στο σημείο αυτό του κεφαλαίου κάνουμε μια παρένθεση για να υπενθυμίσουμε κάποια πράγματα για τα συστήματα αρίθμησης. Κάποια βασικά πράγματα για τα συστήματα αυτά είναι απαραίτητα για να κατανοήσουμε όσα ακολουθούν.

Όπως είπαμε και στην αρχή αλλά και όπως είναι ευρέως γνωστό, τα ψηφιακά συστήματα κατάφεραν να αναπτυχθούν διότι μπόρεσαν να μετατρέψουν το δεκαδικό σύστημα αρίθμησης που χρησιμοποιούσε μέχρι πρόσφατα ο άνθρωπος στο δυαδικό, το οποίο χρησιμοποιεί δύο αντί για δέκα ψηφία. Το πλεονέκτημα αυτού του συστήματος είναι ότι οι δύο αυτές καταστάσεις μπορούν με μεγάλη ευκολία να αναπαρασταθούν από μια ηλεκτρονική συσκευή σαν δύο ηλεκτρονικές καταστάσεις (ύπαρξη και μη ύπαρξη ρεύματος για παράδειγμα). Αυτός ο τρόπος αρίθμησης ήταν γνωστός από παλιά ωστόσο βρήκε εφαρμογή στα ψηφιακά συστήματα.

Εκτός από το δυαδικό και το δεκαδικό σύστημα μπορούν να υπάρξουν και άλλα συστήματα αρίθμησης. Κάθε αριθμός άλλωστε δεν είναι τίποτε άλλο από ένα άθροισμα συντελεστών, πολλαπλασιασμένων με μια βάση, υψωμένη σε μια δύναμη ανάλογη της θέσης στην οποία βρίσκεται ο συντελεστής. Έτσι για παράδειγμα ο αριθμός στο δεκαδικό σύστημα **7392** δεν είναι τίποτε άλλο από το άθροισμα :

$$7 \times 10^3 + 3 \times 10^2 + 9 \times 10^1 + 2 \times 10^0 = 7392$$

Για το δεκαδικό σύστημα λοιπόν λέμε ότι έχουμε σαν βάση το 10. Με την ίδια ακριβώς φιλοσοφία μπορούμε να δημιουργήσουμε συστήματα με βάση το 2, το 3, το 4, το 5, το 8, το 16 κτλ. Με τον ίδιο τρόπο ένας αριθμός στο δυαδικό σύστημα, για παράδειγμα 1101 θα ισούται με το άθροισμα:

$$1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 8 + 4 + 0 + 1 = 13$$

Το σύστημα που χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση των αριθμών στα MIDI μηνύματα εκτός από το δυαδικό που σημειωτέον είναι πολύ πολύπλοκο, είναι το δεκαεξαδικό (Hexadecimal), το οποίο όπως είναι φυσικό έχει βάση το 16. Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε την αρίθμηση για το δεκαδικό, δυαδικό, δεκαεξαδικό, αλλά και οκταδικό σύστημα και μπορούμε να τα συγκρίνουμε μεταξύ τους.

ΔΕΚΑΔΙΚΟ ΒΑΣΗ 10	ΔΥΑΔΙΚΟ ΒΑΣΗ 2	ΟΚΤΑΔΙΚΟ ΒΑΣΗ 8	ΔΕΚΑΕΞΑΔΙΚΟ ΒΑΣΗ 16
00	0000	00	0
01	0001	01	1
02	0010	02	2
03	0011	03	3

04	0100	04	4
05	0101	05	5
06	0110	06	6
07	0111	07	7
08	1000	10	8
09	1001	11	9
10	1010	12	A
11	1011	13	B
12	1100	14	C
13	1101	15	D
14	1110	16	E
15	1111	17	F

Έτσι ένας αριθμός στο δεκαεξαδικό σύστημα, για παράδειγμα (B65F) θα είναι στο δεκαδικό:

$$11 \times 16^3 + 6 \times 16^2 + 5 \times 16^1 + 15 \times 16^0 = 45056 + 1536 + 80 + 15 = 46687$$

Στα ψηφιακά ηλεκτρονικά και γενικότερα στον προγραμματισμό μικροεπεξεργαστών (π.χ. με τη γλώσσα Assembly) το δεκαεξαδικό σύστημα αρίθμησης ήρθε να λύσει πολλαπλά προβλήματα που προέκυπταν από των προγραμματισμό απευθείας σε γλώσσα μηχανής (δηλ. σε δυαδικό). Όπως είναι φυσικό όταν τα bytes αναγράφονται με δύο πιθανά σύμβολα (δηλ. '0' και '1'), οι πιθανότητες λάθους είναι πολύ μεγαλύτερες. Συγκεκριμένα, το δεκαεξαδικό σύστημα επελέγη ως το πιο βολικό καθώς ένα byte αντιστοιχεί σε δύο τετράδες από bits κι επομένως σε δύο σύμβολα του δεκα-εξαδικού κώδικα. Έτσι, με βάση τον παραπάνω πίνακα, οποιοδήποτε byte μπορεί εύκολα να αντιστοιχισθεί με τα σύμβολα του δεκαεξαδικού που αντιστοιχούν στις τετράδες του χωρίς να γίνει καμία αριθμητική πράξη, π.χ. το 1011 0101 στο δεκαεξαδικό σύστημα αρίθμησης είναι ο αριθμός 0xB5. Παρατηρήστε ότι το σύμβολο '0x' υπονοεί δεκαεξαδικό αριθμό.

Γενικεύοντας τα παραπάνω μπορούμε να πούμε ότι ένα σύστημα αρίθμησης με **βάση-k**, διαθέτει k σύμβολα για την αναπαράσταση αριθμών. Αριθμοί οι οποίοι αναπαρίστανται με **n-θέσεις των k συμβόλων** μπορούν να έχουν εύρος από **0** έως **(k<sup>n</sup> -1)**. Για παράδειγμα, στο δυαδικό (βάση-2) ένα byte (8-θέσεις) μου δίνει ένα αριθμό από 0 έως (2<sup>8</sup> -1) =255.

Επίσης, εάν ο **n-θέσεων** αριθμός μου στο σύστημα με **βάση-k** είναι ο

$$a_{n-1}a_{n-2}...a_2a_1a_0$$

τότε για να βρω τον αριθμό στο δεκαδικό σύστημα αρίθμησης, θα πρέπει να κάνω την πράξη:

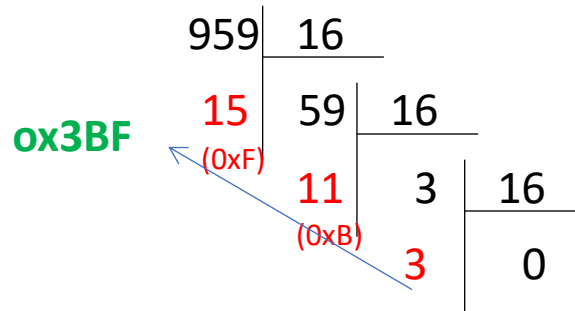
$$X_{10} = a_{n-1} * k^{n-1} + a_{n-2} * k^{n-2} + ... + a_2 * k^2 + a_1 * k^1 + a_0 * k^0$$

Αντίθετα εάν έχουμε έναν αριθμό στο δεκαδικό σύστημα αρίθμησης και θέλουμε να τον μετατρέψουμε στο σύστημα αρίθμησης με βάση-k, τότε θα πρέπει να τον διαιρέσουμε με k και επαναληπτικά το πηλίκο της διαίρεσης με k έως ότου το πηλίκο δώσει τον αριθμό 0. Τα υπόλοιπα της διαίρεσης ξεκινώντας από το τελευταίο ως πλέον σημαντικό ψηφίο μέχρι το πρώτο ως λιγότερο σημαντικό ψηφίο αποτελούν την κωδικοποίηση του αριθμού στο σύστημα k.

Ως παράδειγμα, θεωρήστε **βάση-16** και **3-θέσεις**. Οι αριθμοί μας μπορούν να έχουν εύρος από 0 έως 4095. Έστω ο αριθμός **0x3BF**. Ο αριθμός αυτός στο δεκαδικό σύστημα είναι ο

$$x_{10} = 3 * 16^2 + 11 * 16^1 + 15 * 16^0 = 768 + 176 + 15 = 959$$

Έστω τώρα ότι θέλουμε να μετατρέψουμε τον αριθμό 959 στο δεκαεξαδικό σύστημα αρίθμησης, προκειμένου να επαληθεύσουμε τα παραπάνω.



Σχήμα 6-5: Μετατροπή από το δεκαδικό στο δεκαεξαδικό σύστημα αρίθμησης.

## 6.5 Σύνοψη μηνυμάτων

Τα κεφάλαια που ακολουθούν περιγράφουν κάθε channel και κάθε system μήνυμα ξεχωριστά. Εντούτοις, θεωρείται σκόπιμο στο σημείο αυτό να παραθέσουμε σε πίνακα όλα τα MIDI μηνύματα, μαζί με τη σύνταξή τους καθώς και μια σύντομη περιγραφή για το τι κάνει το καθένα. Όπως μπορείτε να δείτε στον πίνακα αυτό ξεκινάμε από την πρώτη τετράδα του byte. Εάν η τετράδα αυτή ξεκινάει με μηδέν '0' τότε αντιστοιχεί σε data byte, ενώ αν ξεκινάει με '1' αντιστοιχεί σε status byte. Έτσι τα status bytes είναι εκείνα τα οποία ξεκινούν με δεκαεξαδικό αριθμό από 8, 9, A, B, C, D, E, F.

Πρόκειται δηλαδή για οκτώ συνολικά μηνύματα, όπως είναι αναμενόμενο μιας και στα channel messages απομένουν μονάχα 3-bits για να καθορίσουν το είδος του μηνύματος ( $2^3 = 8$ ).

Αρκεί λοιπόν να θυμάστε τη σειρά των μηνυμάτων για να μπορέσετε να λύσετε οποιαδήποτε άσκηση σχετίζεται με σύνταξη μηνυμάτων.

Πίνακας 6-1: Σύνοψη όλων των μηνυμάτων MIDI.

Hex	Bin	Status Byte	Data bytes	Message Name	Description
0	0000				Όταν ένα byte ξεκινάει με αυτήν την τετράδα, δηλαδή το πρώτο bit είναι μηδέν, πρόκειται για data byte κι επομένως δεν υπάρχουν MIDI messages που να αντιστοιχούν σε αυτές τις τετράδες.
1	0001				
2	0010				
3	0011				
4	0100				
5	0101				
6	0110				

7	0111				
8	1000	1000cccc	0nnnnnnn (pitch) 0vvvvvvv (velocity)	<b>Note Off</b>	Απελευθέρωση μιας νότας. Αποστέλλεται από έναν controller κατά την απελευθέρωση ενός πλήκτρου. Το πρώτο data byte περιλαμβάνει τον αριθμό της νότας, ενώ το δεύτερο την ταχύτητα με την οποία απελευθερώθηκε το πλήκτρο.
9	1001	1001cccc	0nnnnnnn (pitch) 0vvvvvvv (velocity)	<b>Note On</b>	Αναπαραγωγή μιας νότας. Αποστέλλεται από έναν controller κατά το πάτημα ενός πλήκτρου. Το πρώτο data byte περιλαμβάνει τον αριθμό της νότας, ενώ το δεύτερο την ταχύτητα με την οποία πατήθηκε το πλήκτρο.
A	1010	1010cccc	0nnnnnnn (pitch) 0ppppppp (pressure)	<b>Polyphonic Key Pressure</b>	Αυτό το μήνυμα αποστέλλεται όταν μεταβάλλεται η πίεση που ασκείται σε ένα πλήκτρο, αφότου αυτό τερματίσει. Το πρώτο data byte μεταφέρει τον αριθμό της νότας ενώ το δεύτερο την τιμή της πίεσης που ασκείται.
B	1011	1011cccc	0nnnnnnn (param. number) 0ppppppp (param. value)	<b>Control Change</b>	Αλλαγή μιας παραμέτρου στο συγκεκριμένο κανάλι. Το πρώτο data byte μεταφέρει τον αριθμό της παραμέτρου (κάθε αριθμός αντιστοιχεί σε διαφορετική παράμετρο) ενώ το δεύτερο την τιμή στην οποία θέλουμε να θέσουμε την παράμετρο αυτή.  Όταν το πρώτο data byte (data-1) έχει τιμή από 0-119 το μήνυμα ανήκει στην κατηγορία channel voice, διαφορετικά (120-127) το μήνυμα ανήκει στην κατηγορία channel mode.
C	1100	1100cccc	0ppppppp (program number)	<b>Program Change</b>	Αλλάζει program (ηχοχρώμα) σε δεδομένο κανάλι. Το μοναδικό data byte μεταφέρει τον αριθμό του προγράμματος. Έτσι, με αυτό το μήνυμα διατίθενται 128 διαφορετικά ηχοχρώματα.
D	1101	1101cccc	0ppppppp (pressure)	<b>Channel Aftertouch</b>	Η τιμή της πίεσης που ασκείται σε ένα πλήκτρο ενός keyboard controller αφότου αυτό τερματίσει στην κάτω θέση. Η διαφορά του μηνύματος αυτού σε σχέση με το Polyphonic Key Pressure είναι ότι δεν αναφέρεται σε συγκεκριμένη νότα, αλλά στη μέγιστη τιμή aftertouch που ασκείται στα πλήκτρα, η οποία και μεταφέρεται στο μοναδικό databyte.
E	1110	1110cccc	0xxxxxxx (LSB) 0yyyyyyy (MSB)	<b>Pitch Bend</b>	Το μήνυμα αυτό ενεργοποιείται με τη μετακίνηση του τροχού του pitch bend. Για μια γεννήτρια ήχου που το λαμβάνει αναμένεται να κάνει ένα glissando από τις νότες που αναπαράγονται σε κάποιο άλλο τονικό ύψος, υψηλότερο ή χαμηλότερο. Τα δύο data bytes συνδυάζονται για να δώσουν προσδιορίσουν το τονικό ύψος μέχρι το οποίο θα τερματίσει το pitch bend.
F	1111	1111xxxx	Ο αριθμός των data bytes είναι διαφορετικός για καθένα από τα 16 system messages	<b>System Messages</b>	Μηνύματα που δεν αναφέρονται σε συγκεκριμένο MIDI Channel. Θα τα δούμε αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο.

Επίσης, παρατηρήστε τα εξής:

- cccc : Είναι η πληροφορία για το MIDI κανάλι και παίρνει τιμές 1-16 (0000 – 1111 Bin)
- Σε κάθε data byte απομένουν 7-bits πληροφορίας καθώς το πλέον σημαντικό bit είναι δεσμευμένο για να καθορίζει ότι πρόκειται για data byte. Έτσι κάθε data byte μπορεί να πάρει μέχρι 128 διαφορετικές τιμές από 0 έως και 127.
- Το εύρος ενός status byte στο δεκαεξαδικό σύστημα αρίθμησης είναι από 0x00 έως 0x7F.
- Το εύρος ενός data byte στο δεκαεξαδικό σύστημα αρίθμησης είναι από 0x80 έως 0xFF.

Στα επόμενα κεφάλαια θα αναλύσουμε διεξοδικά τις κατηγορίες των μηνυμάτων που φαίνονται στον παραπάνω πίνακα εξηγώντας τη λειτουργία τους, τη μορφή του status byte, τη σημασία και τον αριθμό των data byte.

## 6.6 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Περιγράψτε το format των MIDI bytes και εξηγήστε τη διαφορά ανάμεσα στα status & data bytes και πώς ξεχωρίζουν.
2. Πόσα είναι τα MIDI κανάλια και γιατί;
3. Σε τι μας βοηθά το σύστημα διευθύνσεων στα MIDI networks και με ποιο τρόπο την πετυχαίνουμε.
4. Ποιες οι διαφορές των Channel & System μηνυμάτων.
5. Σε ένα status byte υπάρχουν 8 bit. Ονομάστε τα και χωρίστε τα σε ομάδες ανάλογα με την πληροφορία που περιέχουν η κάθε μια.
6. Ποια θα είναι η μορφή του status byte (δυναδική), a) για ένα MIDI μήνυμα πίεσης νότας για το κανάλι 16, b) για ένα μήνυμα Note Off.

## 7 CHANNEL VOICE MESSAGES

### 7.1 Εισαγωγή

Σ' αυτό το κεφάλαιο θα δώσουμε μια αναλυτική περιγραφή στα MIDI Voice messages ξεκινώντας από τα μηνύματα note on και note off.

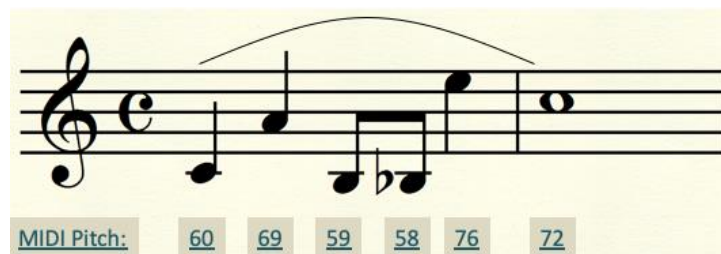
Προκειμένου να γίνει κατανοητή η λειτουργία των channel μηνυμάτων θα πρέπει, για κάθε μήνυμα να προσδιορίσουμε τα ακόλουθα:

- α) Σε ποια περίπτωση εκπέμπεται από έναν controller (π.χ. τύπου keyboard)
- β) Πως αναμένεται να ανταποκριθεί μια γεννήτρια ήχου όταν το λαμβάνει
- γ) Πώς συντάσσεται

### 7.2 Note On Μήνυμα

Ένα Note on μήνυμα παράγεται και μεταδίδεται όταν ένα πλήκτρο σε ένα MIDI keyboard πιέζεται και γενικά κάθε φορά που μια ενέργεια εφαρμόζεται σε ένα MIDI controller και έχει σαν στόχο να προκαλέσει τη δημιουργία ενός ήχου. Όταν μια γεννήτρια ήχου που βρίσκεται μέσα σε μια MIDI συσκευή πάρει αυτό το μήνυμα θα παίξει την ανάλογη νότα που υποδεικνύεται από τα data bytes του μηνύματος.

Έτσι ένα note on message αποτελείται από τρία bytes. Ένα status byte που προηγείται και δύο data bytes που έπονται. Στο status byte το περισσότερο σημαντικό bit D7, θα είναι όπως είναι φυσικό 1, ενώ τα τρία αμέσως επόμενα D6, D5, D4, θα είναι αντίστοιχα 001 για να δηλώνουν ότι πρόκειται για note on, status byte. Τα επόμενα 4 bit όπως ξέρουμε ορίζουν τον αριθμό του καναλιού. Τα data bytes που ακολουθούν ορίζουν το μεν πρώτο τον αριθμό της νότας (note number ή pitch) και το δεύτερο την τιμή velocity για τη νότα αυτή.



Σχήμα 7-1: Ενδεικτικές νότες και ο αριθμός pitch στον οποίο αντιστοιχούν.

Όπως εύκολα μπορούμε να καταλάβουμε οι τιμές που μπορεί να πάρει ο αριθμός της νότας είναι 128 (0-127). Μπορεί να διαχειρισθεί δηλαδή 128 νότες και επομένως 10.5 περίπου οκτάβες από ένα υποτιθέμενο keyboard. Η παράμετρος αυτή στο MIDI αναφέρεται με τον όρο **note number** ή **pitch**. Γενικά στο MIDI κάθε νότα του συγκερασμένου συστήματος αναπαρίσταται με κάποιον αριθμό από 0 έως 127, με σημείο αναφοράς τη νότα ντο της μεσαίας οκτάβας, δηλαδή τη C3 με δυτική σημειογραφία. Με βάση αυτό το σημείο αναφοράς ο αριθμός της νότας αυξάνεται ή μειώνεται κατά ένα για κάθε ημιτόνιο. Το Σχήμα 7-1 απεικονίζει κάποιες ενδεικτικές νότες στο πεντάγραμμο μαζί με τον αριθμό νότας.

Η παράμετρος velocity (δηλ. ταχύτητα) στον controller υποδηλώνει την ταχύτητα με την οποία πατήθηκε το πλήκτρο, ενώ για μια γεννήτρια ήχου μεταφράζεται ως η ένταση με την οποία θα αναπαράγει τη νότα, και πάλι με τιμές από μηδέν έως 127. Όπως είναι

φυσικό για μηδενικό velocity η νότα δε θα αναπαραχθεί από τη γεννήτρια και για το λόγο αυτό έχει επικρατήσει ότι ένα note on μήνυμα με velocity μηδέν είναι ισοδύναμο με ένα note off μήνυμα. Ο τρόπος με τον οποίο μετράται το velocity σε ένα keyboard controller εξηγείται στην ακόλουθη υποενότητα.

Παρακάτω βλέπουμε τον συνοπτικό πίνακα που εφεξής θα παραθέτουμε σε κάθε MIDI message που θα εξετάζουμε.

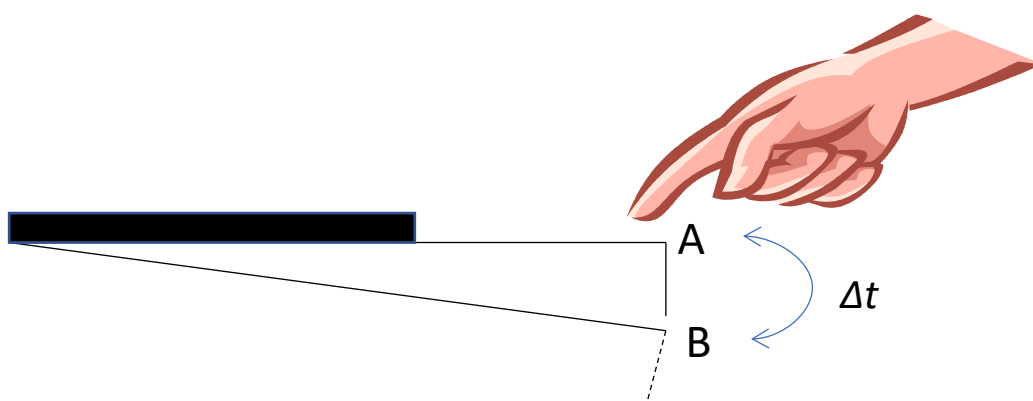
### **Note on Message**

- Όνομα: Note on
- Σύνταξη: 1001cccc 0nnnnnnn 0nnnnnnn
- Τύπος: Channel Voice Message
- Όπου:
  - cccc.....Αριθμός καναλιού
  - nnnnnnn.....Αριθμός Νότας
  - nnnnnnn.....Τιμή για το Velocity

### **7.2.1 Velocity Controller**

Η μελέτη των διαφόρων controllers που χρησιμοποιούμε στο MIDI, ο τρόπος που αυτοί επιτυγχάνουν να μετατρέπουν τις διαδικασίες έκφρασης ενός μουσικού σε MIDI πληροφορία αλλά και ο τρόπος που συντάσσονται τα μηνύματά τους σύμφωνα με το MIDI πρωτόκολλο θα τα εξετάσουμε σε παρακάτω ενότητες.

Ωστόσο αναφερθήκαμε ήδη στον έλεγχο velocity που καθορίζει την ταχύτητα με την οποία ενεργοποιούμε μια νότα σε ένα MIDI keyboard. Η διάταξη η οποία μετράει την ταχύτητα που έχει το δάχτυλο του μουσικού που χτυπά το πλήκτρο ονομάζεται velocity controller. Ο velocity controller βασίζεται σε ένα σύστημα διακοπών που βρίσκονται στην πάνω και στην κάτω θέση και που ενημερώνουν τον επεξεργαστή τη χρονική στιγμή που το πλήκτρο εγκαταλείπει την πάνω θέση A και τη χρονική στιγμή που φτάνει στην κάτω θέση B. Ο χρόνος ( $\Delta t$ ) που μεσολαβεί είναι η πληροφορία, που αντιστρόφως ανάλογα μας δείχνει την ένταση με την οποία η γεννήτρια ήχου στο synthesizer, θα εκτελέσει μια νότα. Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε μια διάταξη που μας δείχνει τη λειτουργία του velocity controller.



Σχήμα 7-2: Η λειτουργία του velocity controller.

Ένας τέτοιος controller υπάρχει όπως είναι φυσικό σε κάθε πλήκτρο ενός MIDI keyboard. Σε παλιότερα keyboard που δεν υπήρχε δεν είχαμε τη δυνατότητα δυναμικής έκφρασης,

ωστόσο η τιμή velocity δινόταν από το keyboard με μια μέση σταθερή τιμή (64Dec ή 0x40).

Ο τρόπος με τον οποίο ένα δυναμικό keyboard δείχνει την ένταση του ήχου σε σχέση με την ταχύτητα με την οποία χτυπάμε ένα πλήκτρο ορίζεται από τα MIDI standards και η μικρότερη ταχύτητα εκφράζεται με το 0 ενώ η μεγαλύτερη με το 127. Το τι όμως συμβαίνει στις ενδιάμεσες τιμές εξαρτάται αποκλειστικά από τον κατασκευαστή.

Η γραμμική απόκριση κατά την οποία η αύξηση της τιμής του velocity για κάθε σημείο μεταξύ των τιμών 0-127, προκαλεί ανάλογη αύξηση στην ένταση του ήχου, δεν είναι πάντα αυτή που εφαρμόζεται από τους κατασκευαστές. Συνήθως προτιμάται μια εκθετική απόκριση που εκφράζει καλύτερα την κίνηση του δακτύλου. Σε πολλά MIDI όργανα η καμπύλη απόκρισης του velocity (velocity response curve) μπορεί να προγραμματιστεί κατά την εκπομπή της MIDI πληροφορίας αλλά και κατά τη λήψη. Αυτή η δυνατότητα προγραμματισμού μπορεί να δώσει μια καλύτερη προσέγγιση της παραμέτρου αυτής στον τρόπο παιχνιδιού ενός μουσικού.

### 7.3 Note Off Μήνυμα

Το note off μήνυμα με τη σειρά του, μεταδίδεται όταν απελευθερώσουμε το πλήκτρο για το οποίο στάλθηκε το note on μήνυμα. Όταν μια γεννήτρια λάβει ένα τέτοιο μήνυμα σταματά να αναπαράγει την αντίστοιχη νότα. Το μήνυμα αυτό κατ'αντιστοιχία με το note on αποτελείται από ένα status byte και από δύο data byte το πρώτο από τα οποία δηλώνει τον αριθμό της νότας ενώ το δεύτερο την τιμή του velocity για την απελευθέρωση της νότας.

Όπως είναι γνωστό ένα note on μήνυμα με μηδενική τιμή velocity επιτυγχάνει την ίδια λειτουργία, δηλαδή τη διακοπή της αναπαραγόμενης νότας, με ένα note off μήνυμα. Μπορεί κανείς εύκολα να αντιληφθεί ότι αυτό καθαυτό το note off μήνυμα διαφέρει από το note on με velocity μηδέν ως προς το πρώτο περιλαμβάνει τιμή velocity κατά την απελευθέρωση του πλήκτρου. Η παράμετρος velocity του μηνύματος note off μπορεί να αξιοποιηθεί από τη γεννήτρια ήχου καθορίζοντας το release τμήμα της περιβάλλουσας πλάτους της νότας. Καθώς όμως η τροποποίηση του release τμήματος μιας περιβάλλουσας πλάτους δεν παρέχει αντιληπτικά σημαντική διαφορά στον τρόπο που προσλαμβάνεται ο ήχος, οι περισσότερες γεννήτριες δεν αξιοποιούν την πληροφορία αυτή.

Επισημαίνεται ότι είναι πολύ σημαντικό το note off μήνυμα να φτάσει στη γεννήτρια ήχου για κάθε note on, γιατί αντίθετα (π.χ. εάν εντωμεταξύ αποσυνδεθεί η γεννήτρια από το keyboard) η νότα αυτή θα αναπαράγεται συνεχόμενα, ένα φαινόμενο γνωστό ως stuck note (κολλημένη νότα).

Επίσης, μερικές φορές είναι πιθανό μια γεννήτρια ήχου να λάβει δύο note on μηνύματα συνεχόμενα για την ίδια νότα και για το ίδιο κανάλι. Αυτό μπορεί εύκολα να συμβεί στην περίπτωση που η γεννήτρια παίρνει πληροφορίες από ένα sequenser για παράδειγμα. Σε αυτήν την περίπτωση θα πρέπει ή να σταματήσει την πρώτη νότα και να εκτελέσει τη δεύτερη ή να χρησιμοποιήσει μια από τις άλλες πηγές που διαθέτει ανάλογα με την πολυφωνία της.

Παρακάτω βλέπουμε τον συνοπτικό πίνακα για το note off μήνυμα.

#### **Note off message**

- Όνομα: Note off

- Σύνταξη: 1000cccc 0nnnnnnn 0nnnnnnn
- Τύπος: Channel Voice Message
  - Όπου:
    - cccc.....Αριθμός καναλιού
    - nnnnnnn.....Αριθμός Νότας
    - nnnnnn.....Τιμή για το Velocity

## 7.4 Program Change Μήνυμα

Το program change μήνυμα έχει σα στόχο την αλλαγή ηχοχρώματος σε ένα κανάλι. Όπως έχει ήδη αναφερθεί το MIDI πρωτόκολλο παρέχει 16 κανάλια σε καθένα εκ των οποίων αντιστοιχίζεται ένα program δηλαδή ένα διαφορετικό ηχόχρωμα. Program change είναι το μήνυμα που αλλάζει το ηχόχρωμα ενός δεδομένου καναλιού.

Τα program change μηνύματα αποτελούνται από δύο bytes, ένα status και ένα data. Το status byte, όπως μπορούμε να καταλάβουμε, δηλώνει τον τύπο του μηνύματος και το κανάλι για το οποίο προορίζεται, ενώ το data byte δηλώνει τον αριθμό του προγράμματος. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν 128 (0-127) τέτοια προγράμματα. Για παράδειγμα όταν ένα synthesizer λάβει ένα program change μήνυμα, θα μεταπηδήσει στον ανάλογο ήχο που δηλώνει το data byte του μηνύματος. Αντίστοιχα όταν εμείς επιλέγουμε έναν ήχο από ένα synthesizer ταυτόχρονα αυτό μεταδίδει ένα program change μήνυμα με την τιμή αυτού του ήχου, από την MIDI OUT θύρα του. Η μορφή του μηνύματος αυτού φαίνεται στο παρακάτω σχήμα ενώ στη συνέχεια βλέπουμε τον πίνακα με τα στοιχεία του μηνύματος αυτού.

### **Program Change Μήνυμα**

- Όνομα: Program Change
- Σύνταξη: 1100cccc 0nnnnnnn
- Τύπος: Channel Voice Message
  - Όπου:
    - cccc.....Αριθμός καναλιού
    - nnnnnnn.....Αριθμός Προγράμματος

Ο τρόπος με τον οποίο αντιδρούν οι γεννήτριες ήχου, τα synthesizers, όταν λαμβάνουν ένα program change μήνυμα ποικίλλει από συσκευή σε συσκευή και εξαρτάται από τον κατασκευαστή. Κάποια διακόπτουν όλους τους ήχους που αντιστοιχούν στη νότα που εκτελείται στο κανάλι που απευθύνεται το μήνυμα, κάποια άλλα αλλάζουν τον ήχο και συνεχίζουν να παράγουν τη νότα που εκτελείται. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα πολλές φορές κάποιους ανεπιθύμητους θορύβους κατά την αλλαγή του ήχου. Κάποια άλλα όργανα δεν επιλέγουν τον καινούριο ήχο πριν ελευθερωθούν όλες οι νότες που εκτελούνταν όταν έφτασε το program change message. Ωστόσο κάποια πιο εξελιγμένα όργανα παράγουν τις καινούριες νότες που παίζονται με το νέο ήχο ενώ αυτές που συνεχίζουν να παίζονται πριν από την αλλαγή του program change διατηρούν τον παλιό ήχο.

## 7.5 Πολυφωνία και Πολυχρωματικότητα

Αναφορικά με τους ήχους που μπορούν να αναπαράγουν οι γεννήτριες ήχου, υπάρχουν δύο χαρακτηρισμοί.

Μια γεννήτρια ήχου ονομάζεται **πολυφωνική (polyphonic)** εφόσον έχει τη δυνατότητα να αναπαράγει περισσότερες από μία νότες τη φορά. Ειδικότερα ο μέγιστος αριθμός νοτών χαρακτηρίζει την πολυφωνία του οργάνου. Έτσι για παράδειγμα μια γεννήτρια ήχου που υποστηρίζει την ταυτόχρονη αναπαραγωγή έως 24 νοτών χαρακτηρίζεται ως **24-voice polyphonic**.

Μια γεννήτρια ήχου η οποία έχει τη δυνατότητα να αναπαράγει ταυτόχρονα περισσότερα από ένα ηχοχρώματα χαρακτηρίζεται ως **πολυχρωματική (multitimbral)**. Έτσι μια γεννήτρια ήχου που έχει τη δυνατότητα να αναπαράγει έως 8 ηχοχρώματα χαρακτηρίζεται ως **8-part multitimbral**.

Θα πρέπει εδώ να δούμε τι εννοούμε με τον όρο multitimbral ή polytimbral (πολυχρωματικά), όργανα. Είναι τα όργανα αυτά που μπορούν να παράγουν ταυτόχρονα περισσότερες από μία πάρτες. Στη σύγχρονη εκδοχή τους είναι τα όργανα που μπορούν να δέχονται πληροφορίες από περισσότερα από ένα κανάλια (συνήθως 16) και να εκτελούν, συνδεδεμένα με ένα sequencer ή πολλά keyboards, εντολές με διαφορετικούς ήχους σε κάθε κανάλι. Ωστόσο το μέγεθος της πολυχρωματικότητας (multitimbrality) δεν καθορίζεται από τον αριθμό των καναλιών αλλά από τον αριθμό των ξεχωριστών ανεξάρτητων τόνων που παράγουν οι γεννήτριες του οργάνου. Έτσι όταν λέμε ότι ένα όργανο έχει πολυχρωματικότητα 16 νότες εννοούμε ότι μπορεί να παράγει 16 διαφορετικούς τόνους ανεξάρτητα από τα κανάλια που αυτές παίζονται.

Ο όρος part (πάρτη) έχει υιοθετηθεί εδώ σε απόλυτη συνάφεια με τις πάρτες των μουσικών σε μια ορχήστρα. Ο όρος παρτιτούρα αναφέρεται στο έγγραφο που καταγράφει την εκτέλεση όλων των μουσικών ενώ ο όρος πάρτη αναφέρεται σε κάθε όργανο ξεχωριστά. Με άλλα λόγια παρτιτούρα είναι η πάρτη του μαέστρου. Στο MIDI στην περίπτωση που από ένα sequencer παρέχεται μια ενορχηστρωμένη εκτέλεση με μουσικά όργανα, η πάρτη αναφέρεται στο καθένα από αυτά.

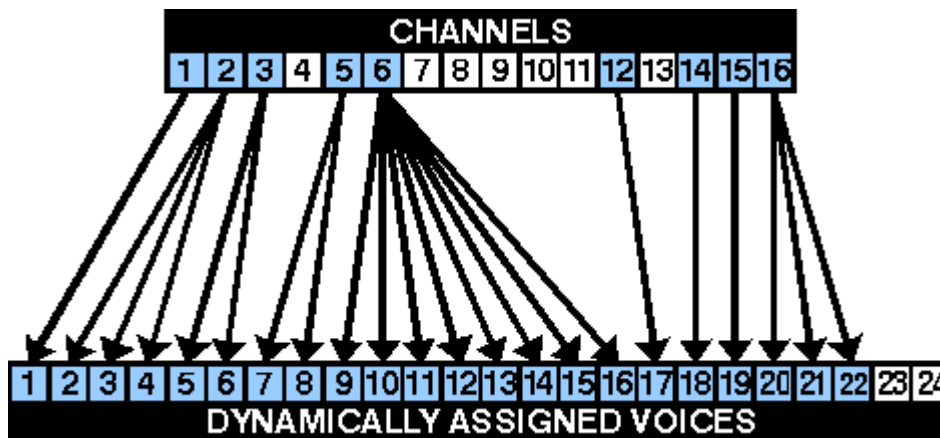
### 7.5.1 Κατανομή φωνών

Λειτουργικά ένα πολυχρωματικό όργανο με  $X$  χροιές αποτελείται από  $X$  ανεξάρτητες γεννήτριες ήχου. Ωστόσο η πολυφωνία και η πολυχρωματικότητα δεν είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους έννοιες. Έτσι για παράδειγμα ένα synthesizer με πολυχρωματικότητα 8 και πολυφωνία 16 μπορεί να είναι ένας συνδυασμός από 8 synthesizers με δύο νότες πολυφωνία ή τέσσερα synthesizers τέσσερις νότες πολυφωνία ή δύο το ένα με 10 νότες και το άλλο με 6 νότες πολυφωνία. Η διανομή των διαφόρων χροιών και φωνών σε ένα multitimbral synthesizer εξαρτάται από το είδος της κατανομής που κάνει το κάθε όργανο.

Υπάρχουν δύο τρόποι κατανομής των φωνών για μια συγκεκριμένη πολυφωνία στα πολυχρωματικά synthesizers οι οποίοι είναι.

- **Στατική Κατανομή (Static Voice allocation)**. Σε αυτήν την κατανομή ο χρήστης καθορίζει από την αρχή το μέγιστο αριθμό πολυφωνίας που θα έχει ο κάθε ήχος (χροιά). Έτσι για ένα πολυφωνικό όργανο 16 φωνών μπορούμε να κατανείμουμε τις 8 φωνές για ένα πιάνο για παράδειγμα και τις υπόλοιπες 8 φωνές για έναν ήχο εγχόρδων. Με αυτόν τον τρόπο λειτουργίας το όργανο δε μπορεί να εκτελέσει μια εννιάφωνη συγχορδία στο πιάνο ακόμα και αν τα strings παίζουν μόνο τρεις νότες.
- **Δυναμική Κατανομή (Dynamic Voice Allocation)**. Αυτός ο τρόπος λειτουργίας είναι πολύ πιο περίπλοκος. Εφόσον δεν υπάρχει προκαθορισμένος

διαχωρισμός για το πόσες φωνές αντιστοιχούν σε κάθε ήχο η συσκευή αναλαμβάνει να κάνει διαχείριση και διαχωρισμό σύμφωνα με τις ανάγκες εκτέλεσης σε πραγματικό χρόνο για την όσο το δυνατόν καλλίτερη αξιοποίηση της πολυφωνίας. Δηλαδή κάθε φορά που απαιτείται μια επιπλέον φωνή από μία πάρτη, η φωνή αυτή «κλέβεται» από κάποια άλλη πάρτη η οποία δεν χρησιμοποιεί όλες τις φωνές της. Το Σχήμα 7-3 απεικονίζει μια δυναμική κατανομή σε 24-voice polyphonic και 16-part multitimbral όργανο. Φανταστείτε ότι τα βέλη αντιστοιχίας αλλάζουν κατά τη διάρκεια τη μουσικής εκτέλεσης.



Σχήμα 7-3: Δυναμική κατανομή φωνών σε 24-voice polyphonic και 16-part multitimbral όργανο

## 7.6 Τι προβλέπει το General MIDI για το Program Change

Όπως διαπιστώθηκε εκ των υστέρων, το αρχικό κείμενο προδιαγραφών του MIDI, δηλαδή το MIDI Specification 1.0, δεν προέβλεπε τίποτα για την πολυφωνία, την πολυχρωματικότητα καθώς και για τον τρόπο επιλογής προκαθορισμένων ηχοχρωμάτων. Έτσι, το 1991 ανακοινώθηκε ένα επιπρόσθετο πρότυπο προδιαγραφών που κάλυπτε αυτά τα κενά.

Το **General MIDI (GM)** είναι ένα πρόσθετο κομμάτι των βασικών προδιαγραφών του MIDI. Ενώ το MIDI καθεαυτό παρέχει ένα πρωτόκολλο το οποίο διασφαλίζει τη διεπικοινωνία διαφορετικών συσκευών σε στοιχειώδες επίπεδο (δηλαδή το ότι για παράδειγμα το πάτημα ενός πλήκτρου σε ένα MIDI keyboard θα έχει ως αποτέλεσμα την αναπαραγωγή μιας νότας σε ένα παραπλήσιο sound module), το GM προχωράει ακόμα παραπέρα, σε δύο κατευθύνσεις:

- **Ελάχιστες Απαιτήσεις:** Προϋποθέτει ότι όλα τα GM-συμβατά όργανα ικανοποιούν κάποιες ελάχιστες απαιτήσεις, όπως για παράδειγμα τη δυνατότητα να αναπαράγουν τουλάχιστον 24 νότες ταυτοχρόνως (**polyphony**)
- **Ερμηνεία Παραμέτρων:** Σε πολλές παραμέτρους που είχαν παραμείνει απροσδιόριστες στο πρωταρχικό MIDI specification, το GM προσδίδει συγκεκριμένη ερμηνεία, όπως για παράδειγμα την αντιστοίχιση ηχοχρωμάτων στους 128 διαθέσιμους αριθμούς προγράμματος (**program numbers**).

Το GM έγινε για πρώτη φορά πρότυπο το 1991, από τους οργανισμούς **MIDI Manufacturers Association (MMA)** και **Japan MIDI Standards Committee (JMSC)**, και έχει έκτοτε υιοθετηθεί ως το παράρτημα του MIDI. Το GM τροποποιήθηκε

το 1999, στον τρέχον πρότυπο General MIDI 2. Στο Σχήμα 7-4 παρατίθεται το λογότυπο του General MIDI, το οποίο φέρουν οι συσκευές που παρέχουν συμβατότητα με το επιπρόσθετο αυτό πρότυπο.



Σχήμα 7-4: Το λογότυπο του General MIDI.

### 7.6.1 Ελάχιστες Απαιτήσεις του GM

Τα όργανα που είναι συμβατά με τις προδιαγραφές του GM-1, οφείλουν να ικανοποιούν τα ακόλουθα ως ελάχιστες απαιτήσεις:

- Να επιτρέπουν ταυτόχρονη ενεργοποίηση 24 φωνών (εκ των οποίων τουλάχιστο 16 να είναι μελωδικές και τουλάχιστον 8 ήχοι κρουστών)
- Να έχουν απόκριση στην ταχύτητα της νότας (note velocity)
- Να υποστηρίζουν όλα τα 16 κανάλια ταυτοχρόνως (με το κανάλι 10 να είναι δεσμευμένο για ήχους κρουστών)
- Να υποστηρίζουν πολυφωνία (πολλαπλές νότες ταυτόχρονα) σε κάθε κανάλι

### 7.6.2 Ερμηνεία Παραμέτρων στο GM

Τα GM-συμβατά όργανα πρέπει να αντιστοιχούν τους 128 αριθμούς προγράμματος (program number) στο program change μήνυμα με βάση τον πίνακα που ακολουθεί. Ειδικότερα ο πίνακας αυτός αναφέρεται σε χρωματικά μουσικά όργανα δηλαδή όργανα που μπορούν να αναπαράγουν διαφορετικά τονικά ύψη, δηλαδή να παίζουν μελωδίες. Αντίθετα τα μη-χρωματικά όργανα είναι κρουστά όργανα τα οποία αναπαράγουν ένα μοναδικό τονικό ύψος. Τέτοια όργανα είναι τα διαφορετικά τύμπανα σε ένα drum set.

Παρατηρήστε ότι στον επόμενο πίνακα τα ηχοχρώματα είναι χωρισμένα σε ομάδες. Για παράδειγμα για program number 1 έως 8 έχουμε χροιές πιάνων, ενώ η ομάδα 65 έως 72 αντιστοιχεί σε ξύλινα πνευστά. Τα όργανα αυτά μπορούν με ένα program change μήνυμα να αντιστοιχισθούν σε οποιοδήποτε κανάλι εκτός του καναλιού δέκα (10), το οποίο βάσει του General MIDI είναι δεσμευμένο για μη-χρωματικά κρουστά (non-chromatic percussion).

Πίνακας 7-1: General MIDI program numbers/timbres

<b>Piano:</b> 1 Acoustic Piano 2 Bright Piano 3 Electric Grand Piano 4 Honky-tonk Piano 5 Electric Piano 1 6 Electric Piano 2	<b>Reed:</b> 65 Soprano Sax 66 Alto Sax 67 Tenor Sax 68 Baritone Sax 69 Oboe 70 English Horn
---	--

7 Harpsichord	71 Bassoon
8 Clavi	72 Clarinet
<b>Chromatic Percussion:</b>	<b>Pipe:</b>
9 Celesta	73 Piccolo
10 Glockenspiel	74 Flute
11 Music Box	75 Recorder
12 Vibraphone	76 Pan Flute
13 Marimba	77 Blown Bottle
14 Xylophone	78 Shakuhachi
15 Tubular Bell	79 Whistle
16 Dulcimer	80 Ocarina
<b>Organ:</b>	<b>Synth Lead:</b>
17 Drawbar Organ	81 Lead 1 (square)
18 Percussive Organ	82 Lead 2 (sawtooth)
19 Rock Organ	83 Lead 3 (calliope)
20 Church organ	84 Lead 4 (chiff)
21 Reed organ	85 Lead 5 (charang)
22 Accordion	86 Lead 6 (voice)
23 Harmonica	87 Lead 7 (fifths)
24 Tango Accordion	88 Lead 8 (bass + lead)
<b>Guitar:</b>	<b>Synth Pad:</b>
25 Acoustic Guitar (nylon)	89 Pad 1 (new age)
26 Acoustic Guitar (steel)	90 Pad 2 (warm)
27 Electric Guitar (jazz)	91 Pad 3 (polysynth)
28 Electric Guitar (clean)	92 Pad 4 (choir)
29 Electric Guitar (muted)	93 Pad 5 (bowed)
30 Overdriven Guitar	94 Pad 6 (metallic)
31 Distortion Guitar	95 Pad 7 (halo)
32 Guitar harmonics	96 Pad 8 (sweep)
<b>Bass:</b>	<b>Synth Effects:</b>
33 Acoustic Bass	97 FX 1 (rain)
34 Electric Bass (finger)	98 FX 2 (soundtrack)
35 Electric Bass (pick)	99 FX 3 (crystal)
36 Fretless Bass	100 FX 4 (atmosphere)
37 Slap Bass 1	101 FX 5 (brightness)
38 Slap Bass 2	102 FX 6 (goblins)
39 Synth Bass 1	103 FX 7 (echoes)
40 Synth Bass 2	104 FX 8 (sci-fi)
<b>Strings:</b>	<b>Ethnic:</b>
41 Violin	105 Sitar
42 Viola	106 Banjo
43 Cello	107 Shamisen
44 Double bass	108 Koto
45 Tremolo Strings	109 Kalimba
46 Pizzicato Strings	110 Bagpipe
47 Orchestral Harp	111 Fiddle
48 Timpani	112 Shanai
<b>Ensemble:</b>	<b>Percussive:</b>
49 String Ensemble 1	113 Tinkle Bell
50 String Ensemble 2	114 Agogo Bells
51 Synth Strings 1	115 Steel Drums
52 Synth Strings 2	116 Woodblock
53 Voice Aahs	117 Taiko Drum
54 Voice Oohs	118 Melodic Tom
55 Synth Voice	119 Synth Drum
56 Orchestra Hit	120 Reverse Cymbal
<b>Brass:</b>	<b>Sound effects:</b>
57 Trumpet	121 Guitar Fret Noise
58 Trombone	122 Breath Noise
59 Tuba	123 Seashore
60 Muted Trumpet	124 Bird Tweet
61 French horn	125 Telephone Ring
62 Brass Section	126 Helicopter
63 Synth Brass 1	127 Applause
64 Synth Brass 2	128 Gunshot

Το channel 10 έχει δεσμευθεί από το GM αποκλειστικά για ήχους μη χρωματικών κρουστών. Το κανάλι αυτό αναπαράγει πάντοτε ήχους κρουστών ανεξάρτητα από το program change που στέλνεται σε αυτό. Καθώς στα μη-χρωματικά όργανα ο αριθμός της νότας είναι άχρηστη πληροφορία διότι τα όργανα αυτά αναπαράγουν μοναδικό τονικό ύψος, ο αριθμός αυτός χρησιμοποιείται για να ορίσει ποιο κρουστό όργανο θα αναπαραχθεί. Στον ακόλουθο πίνακα φαίνεται η αντιστοιχία κρουστού οργάνου για note numbers από 35 έως 81. Σε αρκετά synthesizers αναπαράγονται ήχοι κρουστών και στα υπόλοιπα note numbers, όμως αυτά δεν είναι προτυποποιημένα από το General MIDI.

Πίνακας 7-2: General MIDI note numbers/timbres.

35 Bass Drum 2	59 Ride Cymbal 2
36 Bass Drum 1	60 High Bongo
37 Side Stick	61 Low Bongo
38 Snare Drum 1	62 Mute High Conga
39 Hand Clap	63 Open High Conga
40 Snare Drum 2	64 Low Conga
41 Low Tom 2	65 High Timbale
42 Closed Hi-hat	66 Low Timbale
43 Low Tom 1	67 High Agogo
44 Pedal Hi-hat	68 Low Agogo
45 Mid Tom 2	69 Cabasa
46 Open Hi-hat	70 Maracas
47 Mid Tom 1	71 Short Whistle
48 High Tom 2	72 Long Whistle
49 Crash Cymbal 1	73 Short Guiro
50 High Tom 1	74 Long Guiro
51 Ride Cymbal 1	75 Claves
52 Chinese Cymbal	76 High Wood Block
53 Ride Bell	77 Low Wood Block
54 Tambourine	78 Mute Cuica
55 Splash Cymbal	79 Open Cuica
56 Cowbell	80 Mute Triangle
57 Crash Cymbal 2	81 Open Triangle
58 Vibra Slap	

## 7.7 Sound Banks και Sound Fonts

Θα πρέπει να επισημανθεί ότι τα παραπάνω ηχοχρώματα δεν είναι τα μόνα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο MIDI. Ειδικότερα, οι 128 ήχοι του General MIDI είναι ένα από τα σύνολα ήχων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και τα οποία ονομάζονται sound banks. Στο MIDI μια **τράπεζα ήχων (sound bank)** είναι ένα σύνολο από 128 χροιές. Όπως θα δούμε στα Control Change μηνύματα, υπάρχει το μήνυμα bank select το οποίο επιτρέπει την αλλαγή τράπεζας ήχων. Έτσι τελικά το program change μήνυμα επιλέγει το ηχοχρώμα που αντιστοιχεί στο program number του ανά πάσα στιγμή ενεργού sound bank.

Τα περισσότερα synthesizers και κάρτες ήχου όταν ανταποκρίνονται σε ένα channel voice μήνυμα συνθέτουν τους ήχους τους με τη μέθοδο της σύνθεσης από πίνακα κυματομορφής (wavetable synthesis). Όπως θα δείτε στο μάθημα της Σύνθεσης Ήχου η μέθοδος αυτή βασίζεται σε διαδοχικές σαρώσεις μιας προ-αποθηκευμένης κυματομορφής με διαφορετικές ταχύτητες, έτσι ώστε η ίδια κυματομορφή να αναπαράγεται σε διαφορετικά τονικά ύψη. Έτσι, σε αντιστοιχία με την αναπαράσταση ψηφιακού κείμενου όπου χρησιμοποιούνται διαφορετικά σύνολα γραμματοσειρών (fonts) με βάση κάποια αρχεία εικόνας, τα sound banks που αποτελούνται από ηχητικά αρχεία και σαρώνονται

με wavetable synthesis για να αναπαράγουν ήχους ανταποκρινόμενα σε MIDI μηνύματα ονομάζονται **Sound Fonts**.

## 7.8 Aftertouch

Τα μηνύματα Polyphonic Key Pressure και Channel Aftertouch σχετίζονται με μία παράμετρο που στο MIDI ονομάζεται aftertouch.

Πριν προχωρήσουμε όμως πρέπει να δούμε τι είναι η παράμετρος aftertouch. Η παράμετρος αυτή είναι μια ακόμα εκφραστική παράμετρος που προσφέρει το MIDI πρωτόκολλο στους χρήστες των MIDI οργάνων. Σχετίζεται με την πίεση που ασκούμε σε κάποιο πλήκτρο ενός MIDI keyboard αφότου αυτό τερματίσει στην κατώτατη θέση του. Στη θέση αυτή βρίσκεται ένας αισθητήρας πίεσης που δίνει τιμές για την πίεση που ασκούμε κάθε φορά στο πλήκτρο και τον τρόπο που τη μεταβάλλουμε. Σε μια γεννήτρια ήχου η μεταβολή του aftertouch υλοποιείται ως διακύμανση πλάτους ή συχνότητας προκαλώντας φαινόμενα όπως vibrato και tremolo.

### 7.8.1 Polyphonic Key Pressure

Στο μήνυμα αυτό όπως και στην εντολή note on, εκπέμπεται ένα status byte που ακολουθείται από δύο data bytes. Το πρώτο, και εδώ, δηλώνει τον αριθμό της νότας ενώ το δεύτερο την τιμή της aftertouch πίεσης. Παρακάτω βλέπουμε τη σύνταξη ενός μηνύματος polyphonic key pressure καθώς και τη μορφή που έχει η ακολουθία των status & data bytes.

- Όνομα: Polyphonic Key Pressure
- Σύνταξη: 1010cccc 0nnnnnnn 0pppppppp
- Τύπος: Channel Voice Message
  - Όπου:
    - cccc.....Αριθμός καναλιού
    - nnnnnnn.....Αριθμός Νότας
    - pppppppp.....Τιμή πίεσης aftertouch

Για να κατανοήσουμε καλύτερα τη λειτουργία του μηνύματος αυτού θα δούμε παρακάτω, πώς αυτό εκπέμπεται σε συνδυασμό με τις note on, off εντολές. Για ένα ακόρντο με τρεις νότες (πχ Do+) θα έχουμε την παρακάτω ακολουθία από μηνύματα.

*Note on Channel 1/Do 3/Velocity 105*

*Note on Channel 1/Mi 3/Velocity 96*

*Note on Channel 1/Sol 3/Velocity 126*

*Polyphonic Key Pressure Channel 1/Do 3/Pressure 18*

*Polyphonic Key Pressure Channel 1/Mi 3/Pressure 38*

*Polyphonic Key Pressure Channel 1/Sol 3/Pressure 16*

.....  
*Polyphonic Key Pressure Channel 1/Do 3/Pressure 14*

*Polyphonic Key Pressure Channel 1/Mi 3/Pressure 42*

*Polyphonic Key Pressure Channel 1/Sol 3/Pressure 14*

.....  
*Polyphonic Key Pressure Channel 1/Do 3/Pressure 97*  
*Polyphonic Key Pressure Channel 1/Mi 3/Pressure 112*  
*Polyphonic Key Pressure Channel 1/Sol 3/Pressure 103*  
 .....

*Note on Channel 1/Do 3/Velocity 0 (note off)*  
*Note on Channel 1/Mi 3/Velocity 0 (note off)*  
*Note on Channel 1/Sol 3/Velocity 0 (note off)*

Μπορούμε να δούμε εδώ ότι υπάρχει η δυνατότητα να μεταβάλουμε τις τιμές της πίεσης *aftertouch* ενώ κρατάμε πιεσμένες τις νότες της συγχορδίας.

### 7.8.2 Channel Aftertouch

Στο μήνυμα αυτό δεν εκπέμπεται ο αριθμός της νότας παρά μόνο η τιμή πίεσης *aftertouch*. Η νότα στην οποία αναφέρεται η τιμή αυτή είναι εύκολο να καθοριστεί γιατί το μήνυμα *channel aftertouch* ακολουθεί τα μηνύματα *note on*. Όταν σε διαφορετικά πλήκτρα ασκείται διαφορετική τιμή πίεσης *aftertouch*, η πίεση που περιλαμβάνεται στο μοναδικό *data byte* του μηνύματος αυτού είναι η μέση τιμή πίεσης που ασκείται στα πλήκτρα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι καθώς το *Polyphonic aftertouch* απαιτεί ένα ξεχωριστό αισθητήρα πίεσης κάτω από κάθε πλήκτρο, η υλοποίησή του σε συμβατικά *MIDI Keyboards* είναι σχετικά ακριβή. Έτσι οι περισσότεροι *keyboard controllers* δεν υποστηρίζουν πολυφωνικό *aftertouch*. Αντίθετα το *channel aftertouch* απαιτεί έναν αισθητήρα πίεσης κάτω από τα πλήκτρα και υποστηρίζεται σε όλους τους *keyboard controllers*.

Παρακάτω φαίνεται το *format* του μηνύματος η ακολουθία του *status & data bytes* και η ακολουθία των εντολών *note on*, *off* και *channel aftertouch* για μια συγχορδία Ντο μείζονα (C+).

- Όνομα: Channel Aftertouch
- Σύνταξη: 1101cccc 0ppppppp
- Τύπος: Channel Voice Message
  - Όπου:
    - cccc.....Αριθμός καναλιού
    - ppppppp.....Τιμή πίεσης *aftertouch*

*Note on Channel 1/Do 3/Velocity 105*  
*Note on Channel 1/Mi 3/Velocity 96*  
*Note on Channel 1/Sol 3/Velocity 127*  
 .....

*Channel Aftertouch channel 1/Pressure 18*  
*Channel Aftertouch channel 1/Pressure 35*  
*Channel Aftertouch channel 1/Pressure 8*  
 .....

*Note on Channel 1/Do 3/Velocity 0 (note off)*

*Note on Channel 1/Mi 3/Velocity 0 (note off)*

*Note on Channel 1/Sol 3/Velocity 0 (note off)*

## 7.9 Pitch Bend Μήνυμα

Συνεχίζοντας την ανάλυση των channel voice μηνυμάτων θα εξετάσουμε το μήνυμα pitch bend. Αυτό το μήνυμα δείχνει τη θέση του Pitch Bend τροχού που βρίσκεται σε όλα σχεδόν τα MIDI keyboards. Ο ρόλος του pitch bend wheel είναι να παράγει μια - σε πραγματικό χρόνο - μετατόπιση προς τα πάνω ή προς τα κάτω του τονικού ύψους των νοτών που αναπαράγονται. Καθώς ο τροχός μετακινείται στέλλονται συνεχόμενα pitch bend μηνύματα που περιγράφουν την κίνηση αυτή. Ο πίνακας που περιγράφει τα χαρακτηριστικά του pitch bend μηνύματος φαίνεται παρακάτω.

- Όνομα: Pitch Bend
- Σύνταξη: 1110cccc (0xEc) 0xxxxxxx 0yyyyyyy
- Τύπος: Channel Voice Message
  - Όπου:
    - cccc.....Αριθμός καναλιού
    - xxxxxxx.....Τιμή για το Least Significant Byte, LSB
    - yyyyyyy.....Τιμή για το Most Significant Byte, MSB

Ο τροχός pitch bend όπως είπαμε και παραπάνω χρησιμεύει στο να δημιουργεί μια τονική μετακίνηση, δηλαδή ένα glissando, πάνω ή κάτω από μια συγκεκριμένη νότα. Ο τροχός αυτός ισορροπεί στην κεντρική του θέση και μπορεί να μετακινηθεί είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω. Το εύρος της τονικής μετακίνησης που πρέπει να εκτελέσει μια γεννήτρια ήχου ανταποκρινόμενη σε ένα pitch bend μήνυμα είναι με βάση το General MIDI +/- 2 ημιτόνια από τη νότα που αναπαράγεται. Δηλαδή στην αρχική της ρύθμιση μια γεννήτρια θα πρέπει να κάνει ένα μικρό glissando +/- 2 ημιτόνια για όλα τα ενεργά note on. Εντούτοις το εύρος αυτό μπορεί να αλλάξει (π.χ. στα +/- 12 ημιτόνια) με ένα RPN control change μήνυμα με το όνομα Pitch Bend Sensitivity Range και θα το δούμε σε παρακάτω ενότητα.

Το Pitch Bend μήνυμα, χρησιμοποιεί δύο data bytes για να περιγράψει με τα 14 bits που του παρέχουν, τις  $2^{14} = 16384$  διαφορετικές θέσεις που με βάση τις προδιαγραφές του MIDI μπορεί να πάρει ο pitch bend wheel. Το λιγότερο σημαντικό byte (LSB) είναι αυτό που εκπέμπεται πρώτο ενώ το περισσότερο σημαντικό (MSB) μεταδίδεται δεύτερο. Με άλλα λόγια η τιμή του pitch Bend αποτελείται από δύο bytes (8 bit), που ενωμένα δημιουργούν μια ψηφιακή λέξη αποτελούμενη από 16 bit. Το byte αυτό έχει τη μορφή: 00yyyyyy γxxxxxxx γιατί, όπως είναι αναμενόμενο, από το κάθε data byte μόνο 7 bit είναι διαθέσιμα για την πληροφορία.

Τα MIDI μηνύματα που εκπέμπονται για να δηλώσουν τη θέση ισορροπίας, για κάθε κατηγορία κωδικοποίησης έχουν data bytes με τις ακόλουθες τιμές LSB: 00000000 (00H), MSB: 01000000 (40H). Το τελικό byte που προκύπτει με την σύνθεση των δύο data Bytes έχει την τιμή : 10000000000000 Binary, 2000H, 8192 Dec. Έτσι μπορούμε

να πούμε ότι από τις 16384 τιμές που μπορεί να πάρει η μεσαία τιμή (8192) είναι η τιμή για το σημείο ισορροπίας. Στην κωδικοποίηση με 14bit η μέγιστη θέση, που εκφράζει τη μέγιστη μετακίνηση του τονικού ύψους προς τα πάνω, έχει την τιμή: Bin 11111111111111, 3FFFH, 16383 Dec. Ενώ αντίστροφα η ελάχιστη θέση παίρνει την τιμή: 00000000000000 Bin, 0000H, 0Dec.

Αν και όπως είδαμε το πρωτόκολλο MIDI διαθέτει 14 bit για την κωδικοποίηση της θέσης του pitch bend τροχού (controller), πολλά keyboard δεν χρησιμοποιούν αυτήν την ανάλυση (16384 τιμές) αλλά για λόγους διευκόλυνσης της κατασκευής τους χρησιμοποιούν ανάλογα 7bit (ανάλυση 128 τιμές), 8bit (ανάλ. 256 τιμές), 9bit (ανάλ. 512 τιμές).

Ακόμα και στις πιο υψηλές αναλύσεις όλα τα μηνύματα δεν εκτελούνται απαραίτητα από τις γεννήτριες στις οποίες απευθύνονται. Ανάλογα με τη 'συμφόρηση' που υπάρχει στο MIDI network γίνεται ένας συμβιβασμός προσπαθώντας πάντα αυτό που ακούει το αυτί μας να μην διαφέρει από αυτό που εκτελούμε στον controller.

Κατά τη διάρκεια της λήψης ωστόσο πολλές γεννήτριες αγνοούν κάποια bit κυρίως τα τελευταία από το λιγότερο σημαντικό byte LSB. Σκοπός της περικοπής αυτής είναι και πάλι η μείωση του όγκου πληροφοριών που προκαλεί ο pitch bend controller, για ευκολότερη διαχείριση. Δυστυχώς πολλοί κατασκευαστές δεν αναφέρουν αυτήν τη λεπτομέρεια που μπορεί να μας δίνει την εξήγηση γιατί ένας pitch bend controller με 14 bit ανάλυση δεν έχει τα επιθυμητά αποτελέσματα, όσον αφορά το pitch bend με μια συγκεκριμένη γεννήτρια.



Σχήμα 7-5: Pitch Bend και Modulation Controller σε μορφή τροχών ή joystick.

Οι controllers pitch bend έχουν όπως είπαμε παραπάνω τη μορφή τροχού αλλά πολλές φορές έχουν και τη μορφή joystick συνδυάζοντας μαζί με το pitch bend και τις λειτουργίες του modulation που θα δούμε σε επόμενη ενότητα. Οι δύο βασικοί τύποι φαίνονται στο Σχήμα 7-5.

Στους πίνακες που ακολουθούν μπορούμε να δούμε τη μορφή που έχουν τα MIDI μηνύματα πρώτα για την κωδικοποίηση με 9bit και στη συνέχεια με 14 bit.

Πίνακας 7-3: Pitch Bend σε κωδικοποίηση 9 bit.

<b>ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1<sup>ο</sup> Κωδ/ση 9bit (data bytes: 0γγγγγγγ 0αα00000) Ανάλυση 512 τιμές.</b>					
<b>Κίνηση προς τα πάνω</b>					
Pitch Bend Μην.	MSB	LSB	Pitch Bend κωδ.	Hexad.	Decimal
EcH 00H 40H	01000000	00000000	10000000000000	2000H	256
EcH 20H 40H	01000000	00100000	10000000100000	2020H	257
EcH 40H 40H	01000000	00100000	10000001000000	2040H	258
.....					
EcH 60H 7FH	01111111	01100000	11111111100000	3FE0H	512
<b>Κίνηση προς τα κάτω</b>					
EcH 00H 40H	01000000	00000000	10000000000000	2000H	256
EcH 60H 3FH	00111111	01100000	01111111100000	1FE0H	255
EcH 40H 3FH	00111111	01000000	01111111000000	1FC0H	254
.....					
EcH 00H 00H	00000000	00000000	00000000000000	0000H	0

Πίνακας 7-4: Pitch Bend σε κωδικοποίηση 14 bit.

<b>ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2<sup>ο</sup> Κωδ/ση 14bit (data bytes: 0γγγγγγγ 0ααααααα) Ανάλυση 16 384 τιμές.</b>					
<b>Κίνηση προς τα πάνω</b>					
Pitch Bend Μην.	MSB	LSB	Pitch Bend κωδ.	Hexad.	Decimal
EcH 00H 40H	01000000	00000000	10000000000000	2000H	8 192
EcH 01H 40H	01000000	00000001	10000000000001	2001H	8 193
EcH 02H 40H	01000000	00000010	10000000000010	2002H	8 194
.....					
EcH 7FH 7FH	01111111	01111111	11111111111111	3FFFH	16 383
<b>Κίνηση προς τα κάτω</b>					
EcH 00H 40H	01000000	00000000	10000000000000	2000H	8 192
EcH 7FH 3FH	00111111	01111111	01111111111111	1FFFH	8 191
EcH 7EH 3FH	00111111	01111110	01111111111110	1FFEh	8 190
.....					
EcH 00H 00H	00000000	00000000	00000000000000	0000H	0

## 7.10 Control Change

Το control change μήνυμα έχει ως στόχο να αποτυπώσει την αλληλεπίδραση με κάποιον controller, ο οποίος μπορεί να υφίσταται σε μορφή κάποιου διακόπτη, ενός slider, ενός ποτενσιόμετρου κ.λπ. Στην ενότητα αυτή ως controllers εννοούνται τέτοια αντικείμενα τα οποία υλοποιούν τη ρύθμιση κάποιας παραμέτρου, διαφορετικής από την εκκίνηση ή τη διακοπή νοτών. Για παράδειγμα τέτοιες παράμετροι μπορεί να είναι η συνολική ένταση (volume) ενός οργάνου η μετακίνηση της θέσης του ήχου στη στερεοφωνική εικόνα (panning) η ενεργοποίηση ενός damper pedal κ.ο.κ.

Επομένως, τα Control Change μηνύματα έχουν σαν σκοπό να παρέχουν έναν έλεγχο σε πραγματικό χρόνο σε διάφορες παραμέτρους που σχετίζονται με τον ήχο. Εξαιτίας της πολύ ευέλικτης κατασκευής τους αυτά τα μηνύματα έγιναν το πιο ζωντανό κομμάτι της ιστορίας του MIDI. Τα Control Change μηνύματα δεν έπαψαν ποτέ να επεκτείνονται. Τα μηνύματα αυτά στην ουσία εκφράζουν και προέρχονται από έναν ελεγκτή (Controller) που έχει σα σκοπό να μετατρέψει μια εκφραστική ενέργεια του μουσικού σε MIDI

πληροφορία. Υπάρχουν ωστόσο Control Change μηνύματα που δεν εκφράζουν απόλυτα μουσικές ενέργειες αλλά γενικές εκφραστικές διαδικασίες όπως θα δούμε στη συνέχεια.

Παρακάτω βλέπουμε την ανάλυση ενός Control Change message:

- Όνομα: Control Change
- Σύνταξη: 1011cccc(0xBc) 0nnnnnnn 0nnnnnn
- Τύπος: Για τιμές του data-1 0- 119 είναι Channel Voice Message, διαφορετικά (data-1 120-127) ο τύπος είναι channel mode message
- Όπου:
  - cccc.....Αριθμός καναλιού
  - nnnnnnn.....Αριθμός Παραμέτρου (controller number)
  - nnnnnn.....Τιμή Παραμέτρου (controller value)

Όπως αποτυπώνεται στην παραπάνω ανάλυση, το πρώτο data byte μεταφέρει τον αριθμό της παραμέτρου την οποία θέλουμε να μεταβάλλουμε ενώ το data-2 τη νέα τιμή της παραμέτρου αυτής. Έτσι με μια πρώτη ματιά μπορεί να πει κανείς ότι διατίθενται 128 παράμετροι, καθεμιά εκ των οποίων μπορεί να πάρει 128 διαφορετικές τιμές. Παρόλα αυτά, όπως θα δούμε στη συνέχεια στην πράξη και οι παράμετροι είναι περισσότερες και οι τιμές που μπορούν να πάρουν.

Επίσης με βάση την παραπάνω ανάλυση παρατηρήστε ότι για controller number 0-119, το μήνυμα ανήκει στην κατηγορία του channel voice message, ενώ για controller number 120-127 το μήνυμα είναι ένα channel mode message. Όπως έχει ήδη αναφερθεί στην ενότητα 6.3.1, τα voice μηνύματα αφορούν παραμέτρους του ήχου ενώ τα mode μηνύματα αφορούν τον τρόπο λειτουργίας του καναλιού. Ακολουθούν δύο υποενότητες: στην πρώτη περιγράφονται τα μηνύματα που αφορούν voice παραμέτρους και στη δεύτερη περιγράφονται οι mode παράμετροι.

Ο πίνακας που ακολουθεί, προέρχεται από τις προδιαγραφές του MIDI και παραθέτει όλα τα control change μηνύματα με βάση το data-1, δηλαδή το controller number. Προφανώς δε χρειάζεται να απομνημονεύσετε τον πίνακα αυτό αλλά να γνωρίζεται σε τι παραμέτρους αναφέρονται και με ποιόν τρόπο κωδικοποιούνται, κάτι που αποτυπώνεται στις επόμενες υποενότητες.

Τα control change μηνύματα που ανήκουν στην κατηγορία voice messages, δηλαδή αφορούν παραμέτρους του ήχου με αριθμό (controller number) 0-119 χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες, οι οποίες συνοπτικά είναι οι εξής:

- α) Συνεχείς controllers διπλής ανάλυσης (Double Precision Continuous Controllers)
- β) Διακόπτες (Switches)
- γ) Συνεχείς controllers απλής ανάλυσης (Single Precision Continuous Controllers)

Οι τρεις αυτές κατηγορίες αναλύονται στη συνέχεια, ενώ τα channel mode μηνύματα αναλύονται στο επόμενο κεφάλαιο.

Πίνακας 7-5: Συνοπτικός πίνακας control change voice και mode μηνύματα.

Control Number (2nd Byte Value)			Control Function	3rd Byte Value	
Decimal	Binary	Hex		Value	Used As
0	00000000	00	Bank Select	0-127	MSB
1	00000001	01	Modulation Wheel or Lever	0-127	MSB
2	00000010	02	Breath Controller	0-127	MSB
3	00000011	03	Undefined	0-127	MSB
4	00000100	04	Foot Controller	0-127	MSB
5	00000101	05	Portamento Time	0-127	MSB
6	00000110	06	Data Entry MSB	0-127	MSB
7	00000111	07	Channel Volume (formerly Main Volume)	0-127	MSB
8	00001000	08	Balance	0-127	MSB
9	00001001	09	Undefined	0-127	MSB
10	00001010	0A	Pan	0-127	MSB
11	00001011	0B	Expression Controller	0-127	MSB
12	00001100	0C	Effect Control 1	0-127	MSB
13	00001101	0D	Effect Control 2	0-127	MSB
14	00001110	0E	Undefined	0-127	MSB
15	00001111	0F	Undefined	0-127	MSB
16	00010000	10	General Purpose Controller 1	0-127	MSB
17	00010001	11	General Purpose Controller 2	0-127	MSB
18	00010010	12	General Purpose Controller 3	0-127	MSB
19	00010011	13	General Purpose Controller 4	0-127	MSB
20	00010100	14	Undefined	0-127	MSB
21	00010101	15	Undefined	0-127	MSB
22	00010110	16	Undefined	0-127	MSB
23	00010111	17	Undefined	0-127	MSB
24	00011000	18	Undefined	0-127	MSB
25	00011001	19	Undefined	0-127	MSB
26	00011010	1A	Undefined	0-127	MSB
27	00011011	1B	Undefined	0-127	MSB
28	00011100	1C	Undefined	0-127	MSB

29	00011101	1D	Undefined	0-127	MSB
30	00011110	1E	Undefined	0-127	MSB
31	00011111	1F	Undefined	0-127	MSB
32	00100000	20	LSB for Control 0 (Bank Select)	0-127	LSB
33	00100001	21	LSB for Control 1 (Modulation Wheel or Lever)	0-127	LSB
34	00100010	22	LSB for Control 2 (Breath Controller)	0-127	LSB
35	00100011	23	LSB for Control 3 (Undefined)	0-127	LSB
36	00100100	24	LSB for Control 4 (Foot Controller)	0-127	LSB
37	00100101	25	LSB for Control 5 (Portamento Time)	0-127	LSB
38	00100110	26	LSB for Control 6 (Data Entry)	0-127	LSB
39	00100111	27	LSB for Control 7 (Channel Volume, formerly Main Volume)	0-127	LSB
40	00101000	28	LSB for Control 8 (Balance)	0-127	LSB
41	00101001	29	LSB for Control 9 (Undefined)	0-127	LSB
42	00101010	2A	LSB for Control 10 (Pan)	0-127	LSB
43	00101011	2B	LSB for Control 11 (Expression Controller)	0-127	LSB
44	00101100	2C	LSB for Control 12 (Effect control 1)	0-127	LSB
45	00101101	2D	LSB for Control 13 (Effect control 2)	0-127	LSB
46	00101110	2E	LSB for Control 14 (Undefined)	0-127	LSB
47	00101111	2F	LSB for Control 15 (Undefined)	0-127	LSB
48	00110000	30	LSB for Control 16 (General Purpose Controller 1)	0-127	LSB
49	00110001	31	LSB for Control 17 (General Purpose Controller 2)	0-127	LSB
50	00110010	32	LSB for Control 18 (General Purpose Controller 3)	0-127	LSB
51	00110011	33	LSB for Control 19 (General Purpose Controller 4)	0-127	LSB
52	00110100	34	LSB for Control 20 (Undefined)	0-127	LSB
53	00110101	35	LSB for Control 21 (Undefined)	0-127	LSB
54	00110110	36	LSB for Control 22 (Undefined)	0-127	LSB
55	00110111	37	LSB for Control 23 (Undefined)	0-127	LSB
56	00111000	38	LSB for Control 24 (Undefined)	0-127	LSB
57	00111001	39	LSB for Control 25 (Undefined)	0-127	LSB
58	00111010	3A	LSB for Control 26 (Undefined)	0-127	LSB
59	00111011	3B	LSB for Control 27 (Undefined)	0-127	LSB

60	00111100	3C	LSB for Control 28 (Undefined)	0-127	LSB
61	00111101	3D	LSB for Control 29 (Undefined)	0-127	LSB
62	00111110	3E	LSB for Control 30 (Undefined)	0-127	LSB
63	00111111	3F	LSB for Control 31 (Undefined)	0-127	LSB
64	01000000	40	Damper Pedal on/off (Sustain)	≤63 off, ≥64 on	---
65	01000001	41	Portamento On/Off	≤63 off, ≥64 on	---
66	01000010	42	Sostenuto On/Off	≤63 off, ≥64 on	---
67	01000011	43	Soft Pedal On/Off	≤63 off, ≥64 on	---
68	01000100	44	Legato Footswitch	≤63 Normal, ≥64 Legato	---
69	01000101	45	Hold 2	≤63 off, ≥64 on	---
70	01000110	46	Sound Controller 1 (default: Sound Variation)	0-127	LSB
71	01000111	47	Sound Controller 2 (default: Timbre/Harmonic Intens.)	0-127	LSB
72	01001000	48	Sound Controller 3 (default: Release Time)	0-127	LSB
73	01001001	49	Sound Controller 4 (default: Attack Time)	0-127	LSB
74	01001010	4A	Sound Controller 5 (default: Brightness)	0-127	LSB
75	01001011	4B	Sound Controller 6 (default: Decay Time - see MMA RP-021)	0-127	LSB
76	01001100	4C	Sound Controller 7 (default: Vibrato Rate - see MMA RP-021)	0-127	LSB
77	01001101	4D	Sound Controller 8 (default: Vibrato Depth - see MMA RP-021)	0-127	LSB
78	01001110	4E	Sound Controller 9 (default: Vibrato Delay - see MMA RP-021)	0-127	LSB
79	01001111	4F	Sound Controller 10 (default undefined - see MMA RP-021)	0-127	LSB
80	01010000	50	General Purpose Controller 5	0-127	LSB
81	01010001	51	General Purpose Controller 6	0-127	LSB
82	01010010	52	General Purpose Controller 7	0-127	LSB
83	01010011	53	General Purpose Controller 8	0-127	LSB
84	01010100	54	Portamento Control	0-127	LSB
85	01010101	55	Undefined	---	---
86	01010110	56	Undefined	---	---

87	01010111	57	Undefined	---	---
88	01011000	58	High Resolution Velocity Prefix	0-127	LSB
89	01011001	59	Undefined	---	---
90	01011010	5A	Undefined	---	---
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	---
94	01011110	5E	Effects 4 Depth (formerly Celeste [Detune] Depth)	0-127	---
95	01011111	5F	Effects 5 Depth (formerly Phaser Depth)	0-127	---
96	01100000	60	Data Increment (Data Entry +1) (see MMA RP-018)	N/A	---
97	01100001	61	Data Decrement (Data Entry -1) (see MMA RP-018)	N/A	---
98	01100010	62	Non-Registered Parameter Number (NRPN) - LSB	0-127	LSB
99	01100011	63	Non-Registered Parameter Number (NRPN) - MSB	0-127	MSB
100	01100100	64	Registered Parameter Number (RPN) - LSB*	0-127	LSB
101	01100101	65	Registered Parameter Number (RPN) - MSB*	0-127	MSB
102	01100110	66	Undefined	---	---
103	01100111	67	Undefined	---	---
104	01101000	68	Undefined	---	---
105	01101001	69	Undefined	---	---
106	01101010	6A	Undefined	---	---
107	01101011	6B	Undefined	---	---
108	01101100	6C	Undefined	---	---
109	01101101	6D	Undefined	---	---
110	01101110	6E	Undefined	---	---
111	01101111	6F	Undefined	---	---
112	01110000	70	Undefined	---	---
113	01110001	71	Undefined	---	---
114	01110010	72	Undefined	---	---

115	01110011	73	Undefined	---	---
116	01110100	74	Undefined	---	---
117	01110101	75	Undefined	---	---
118	01110110	76	Undefined	---	---
119	01110111	77	Undefined	---	---
<b>Note:</b>	Controller numbers 120-127 are reserved for Channel Mode Messages, which rather than controlling sound parameters, affect the channel's operating mode. (See also Table 1.)				
120	01111000	78	[Channel Mode Message] All Sounds Off	0	-- -
121	01111001	79	[Channel Mode Message] Reset All Controllers (See MMA RP-015)	0	-- -
122	01111010	7A	[Channel Mode Message] Local Control On/Off	0 off, 127 on	-- -
123	01111011	7B	[Channel Mode Message] All Notes Off	0	-- -
124	01111100	7C	[Channel Mode Message] Omni Mode Off (+ all notes off)	0	-- -
125	01111101	7D	[Channel Mode Message] Omni Mode On (+ all notes off)	0	-- -
126	01111110	7E	[Channel Mode Message] Mono Mode On (+ poly off, + all notes off)	Note: This equals the number of channels, or zero if the number of channels equals the number of voices in the receiver.	-- -
127	01111111	7F	[Channel Mode Message] Poly Mode On (+ mono off, +all notes off)	0	-- -

**Table 3a: Registered Parameter Numbers**

To set or change the value of a Registered Parameter:

1. Send two Control Change messages using Control Numbers 101 (65H) and 100 (64H) to select the desired Registered Parameter Number, as per the following table.
2. To set the selected Registered Parameter to a specific value, send a Control Change messages to the Data Entry MSB controller (Control Number 6). If the selected Registered Parameter requires the LSB to be set, send another Control Change message to the Data Entry LSB controller (Control Number 38).
3. To make a relative adjustment to the selected Registered Parameter's current value, use the Data Increment or Data Decrement controllers (Control Numbers 96 and 97).

Parameter Number		Parameter Function	Data Entry Value
<b>MSB: Control 101 (65H) Value</b>	<b>LSB: Control 100 (64H) Value</b>		

00H	00H	Pitch Bend Sensitivity	MSB = +/- semitones LSB = +/-cents
	01H	Channel Fine Tuning (formerly Fine Tuning - see MMA RP-022)	Resolution 100/8192 cents 00H 00H = -100 cents 40H 00H = A440 7FH 7FH = +100 cents
	02H	Channel Coarse Tuning (formerly Coarse Tuning - see MMA RP-022)	Only MSB used Resolution 100 cents 00H = -6400 cents 40H = A440 7FH = +6300 cents
	03H	Tuning Program Change	Tuning Program Number
	04H	Tuning Bank Select	Tuning Bank Number
	05H	Modulation Depth Range (see MMA General MIDI Level 2 Specification)	For GM2, defined in GM2 Specification. For other systems, defined by manufacturer
	...	...	All RESERVED for future MMA Definition
3DH (61)	Three Dimensional Sound Controllers		
	00H	AZIMUTH ANGLE	See RP-049
	01H	ELEVATION ANGLE	See RP-049
	02H	GAIN	See RP-049
	03H	DISTANCE RATIO	See RP-049
	04H	MAXIMUM DISTANCE	See RP-049
	05H	GAIN AT MAXIMUM DISTANCE	See RP-049
	06H	REFERENCE DISTANCE RATIO	See RP-049
	07H	PAN SPREAD ANGLE	See RP-049
	08H	ROLL ANGLE	See RP-049
...	...	All RESERVED for future MMA Definition	...

### 7.10.1 Συνεχείς controllers διπλής ανάλυσης (0-63/0x00 – 0x3F)

Τις θέσεις 0-31 του προηγούμενου πίνακα καταλαμβάνουν οι controllers που ονομάζονται συνεχείς (continuous) MSB/LSB controllers ή controllers διπλής ανάλυσης. Το MIDI standard ορίζει μόνο 14 από τους 32 διαθέσιμους controllers. Η πληροφορία που μεταφέρουν αυτοί οι controllers θεωρητικά περιγράφει την κίνηση ενός τροχού ή ενός πεντάλ, ή τη μετακίνηση ενός ποτενσιόμετρου. Το αποτέλεσμα είναι ένα συνεχές ρεύμα δεδομένων, γι' αυτό και η ονομασία συνεχείς controllers. Για παράδειγμα μετακινώντας τον τροχό modulation που είναι ένας τροχός σαν αυτόν που φαίνεται στο Σχήμα 7-5 ή το joystick που φαίνεται στο ίδιο σχήμα, και γνωρίζοντας ότι ο αριθμός του controller αυτού είναι ο 1 (controller number), θα πάρουμε τα παρακάτω μηνύματα (σε hexadecimal μορφή).

*BcH 01H 00H*

*BcH 01H 01H*

*BcH 01H 02H*  
*BcH 01H 03H*  
*BcH 01H 04H*  
 .....  
 .....  
*BcH 01H 7EH*  
*BcH 01H 7FH (Status:1011cccc)(Data1:00000001)(Data2:01111111)*

Όπου στα παραπάνω το H υποδηλώνει δεκαεξαδικό σύστημα, όπως και στο σύμβολο 0x.

Με έναν αντίστοιχο τρόπο με τα pitch bend μηνύματα ο επεξεργαστής του keyboard αναλύει τη θέση του modulation wheel παίρνοντας τιμές από αυτόν σε τακτά χρονικά διαστήματα που μπορεί να είναι 50 έως 100 φορές το δευτερόλεπτο. Αν μετακινήσουμε το modulation wheel με ταχύτητα μεγαλύτερη από τον χρόνο ανανέωσης του controller το αποτέλεσμα στα μηνύματα που μεταδίδονται μπορεί να έχει την παρακάτω μορφή, δηλαδή δεν εκπέμπονται οι τιμές για όλες τις θέσεις.

*BcH 01H 00H*  
*BcH 01H 05H*  
*BcH 01H 0AH*  
*BcH 01H 0FH*  
 .....  
 .....  
*BcH 01H 7AH*  
*BcH 01H 7FH*

Και στις δύο παραπάνω περιπτώσεις για τις λειτουργίες του modulation controller χρησιμοποιήθηκε μόνο MSB (Most Significant Byte) control change μήνυμα. Όταν οι 128 τιμές για την περιγραφή της κίνησης του modulation wheel είναι αρκετές τότε χρησιμοποιούμε μόνο αυτόν τον controller που είναι ο 1. Όταν χρειάζεται μεγαλύτερη ανάλυση τότε πολλοί κατασκευαστές έχουν την επιλογή να χρησιμοποιήσουν και ένα δεύτερο control change μήνυμα του οποίου το δεύτερο data byte εκφράζει το LSB μέρος της τιμής που δίνει τη θέση του modulation wheel ενώ έχει προηγηθεί ένα άλλο μήνυμα που όπως είδαμε περιέχει την MSB τιμή της θέσης αυτής. Με την τεχνική αυτή την οποία περιγράψαμε αναλυτικά στην ανάλυση του Pitch Bend μηνύματος μπορούμε να πετύχουμε ανάλυση 16384 τιμών γιατί διαθέτουμε δύο data bytes και πιο συγκεκριμένα 14 bits για την περιγραφή της τιμής του modulation wheel.

Παρακάτω βλέπουμε μια περιγραφή του πώς είναι τα μηνύματα modulation στην λειτουργία LSB, MSB.

*BcH 01H 00H (MSB Modulation)*  
 } = MSB + LSB = 0000H  
*BcH 21H 00H (LSB Modulation)*  
  
*BcH 01H 00H (MSB)*

} = MSB + LSB = 0040H

BcH 21H 40H (LSB)

.....

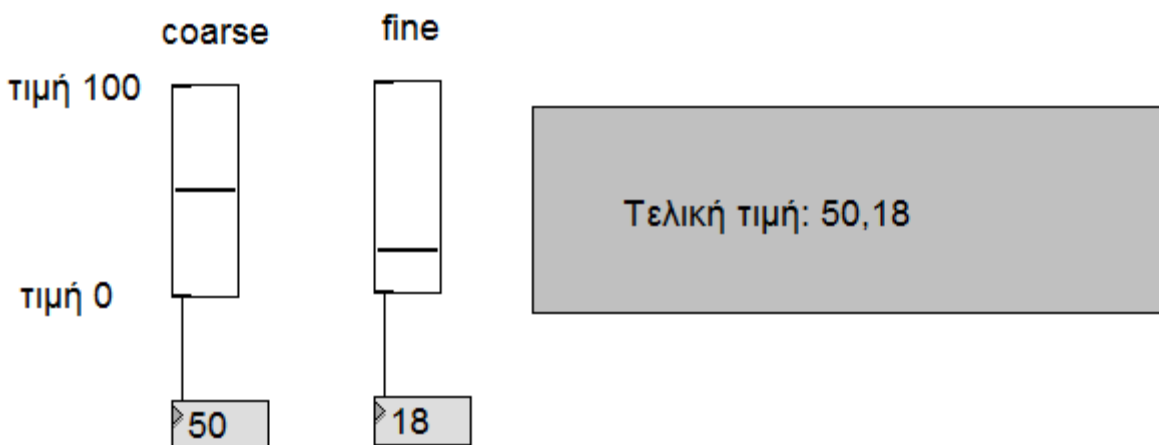
BcH 01H 7FH (MSB)

} = MSB + LSB = 7F40H

BcH 01H 40H (LSB)

Δηλαδή εκπέμπεται πρώτα το MSB και ακολουθείται από το LSB μήνυμα. Πρέπει εδώ να πούμε ότι η δυνατότητα της χρήσης MSB & LSB λειτουργίας είναι δυνατή για όλους τους συνεχείς controllers διπλής ανάλυσης. Έτσι στον πίνακα που παραθέτει όλα τα control change μηνύματα μπορείτε να δείτε ότι για καθέναν από τους controllers με controller number 0-31 υπάρχει ένα δεύτερο controller number που επιτρέπει την αποστολή της LSB τιμής (controller value) για την ίδια παράμετρο. Έτσι για παράδειγμα 0 είναι το controller number που αντιστοιχεί στο MSB του Bank Select και 32 είναι το LSB του Bank Select, 1 είναι το controller number που αντιστοιχεί στο MSB του Modulation και 33 είναι το LSB του Modulation, κ.ο.κ.

Η χρήση MSB/LSB, δηλαδή η διπλή ανάλυση, υλοποιείται για να παρέχει λειτουργία coarse/fine στην απόδοση της τιμής του controller. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι η τιμή που αποστέλλεται με το MSB μήνυμα αντιστοιχεί σε μία μακρορύθμιση (coarse) ενώ η τιμή που αποστέλλεται με το LSB αντιστοιχεί σε μια μικρορύθμιση (fine). Αντίστοιχου τύπου λειτουργία, δηλαδή διπλής ανάλυσης, υλοποιείται σε πολλές περιπτώσεις στο συντονισμό (tuning) ραδιοφώνων και τηλεοράσεων. Θυμηθείτε σε κάποια ραδιόφωνα που υπάρχει ένα μεγάλο περιστρεφόμενο κουμπί (knob) για tuning και ένα μικρότερο για fine tuning. Το πρώτο παρέχει μεταβολή για ένα εύρος τιμών (π.χ. 0 έως 100) ενώ το δεύτερο παρέχει μεταβολή άλλων 100 διακριτών τιμών οι οποίες παρέχουν 100 "βήματα" για κάθε βήμα του "coarse", δηλαδή διπλή ανάλυση. Η λειτουργία αυτή αποτυπώνεται στο Σχήμα 7-6. Η ίδια λειτουργία υλοποιείται στους συνεχείς controllers διπλής ανάλυσης όπου διατίθενται 128 τιμές για coarse και άλλες 128 για fine.



Σχήμα 7-6: Λειτουργία coarse/fine.

Παρακάτω θα δούμε αναλυτικά τους 14 συνεχείς controllers που χρησιμοποιούν τη λειτουργία MSB, LSB και είναι διαθέσιμοι από τα MIDI standards. Οι υπόλοιποι 18 δεν

έχουν οριστεί ακόμα (είναι undefined όπως αναγράφεται στο συνοπτικό πίνακα) και διατίθενται για μελλοντική χρήση.

#### **7.10.1.1 Bank Select (0/0x00 coarse – 32/0x20 fine)**

Όπως αναφέρθηκε και στην ενότητα 7.7, τα προγράμματα δηλαδή τα ηχοχρώματα στο MIDI διατίθενται σε «τράπεζες» των 128 ήχων (soundbanks). Έτσι το μήνυμα bank select επιτρέπει την αλλαγή της τράπεζας ήχων σε κάποιο κανάλι. Προφανώς για να αλλάξει το ηχοχρώμα θα πρέπει να επακολουθήσει ένα program change μήνυμα για να τεθεί ένα συγκεκριμένο ηχοχρώμα από την ενεργή τράπεζα ήχων.

Παρατηρήστε ότι κάθε κανάλι μπορεί να είναι συντονισμένο σε διαφορετική τράπεζα ήχων, και επίσης το ότι το πρωτόκολλο επιτρέπει επιλογή από 16384 τράπεζες!

#### **7.10.1.2 Modulation (1/0x01 coarse – 33/0x21 fine)**

Είναι ένας controller που βρίσκεται στα MIDI keyboards και έχει τη μορφή ενός τροχού όπως φαίνεται στο Σχήμα 7-5. Κάποιοι κατασκευαστές χρησιμοποιούν ένα joystick και συνδυάζουν σε αυτό και τις δύο λειτουργίες pitch-bend & modulation. Το joystick που φαίνεται και αυτό στο ίδιο σχήμα κινείται στις 4 κατευθύνσεις και μας δίνει αριστερά και δεξιά την λειτουργία pitch bend, πάνω τη λειτουργία modulation και κάτω έναν άλλο controller ανάλογα με τον κατασκευαστή. Σε μια γεννήτρια ήχου η μετατόπιση του Modulation προκαλεί ένα LFO vibrato effect στις ενεργές νότες (δηλαδή σε αυτές για τις οποίες έχει προηγηθεί note on).

#### **7.10.1.3 Breath Controller (2/0x02 coarse – 34/0x22 fine)**

Ο ρόλος του controller αυτού είναι όμοιος με αυτόν του aftertouch και του modulation, δηλαδή εφαρμόζει κάποιο LFO effect. Όταν πρόκειται για εξωτερική συσκευή έχει τη μορφή ενός πλαστικού ακροφύσιου μέσα στο οποίο ο χρήστης εκπνέει. Οι μεταβολές της πίεσης μετατρέπονται σε MIDI μηνύματα. Εξαιτίας της ομοιότητας του με το επιστόμιο των πνευστών ο breath controller είναι ιδιαίτερα κατάλληλος για τη χρήση του μαζί με ήχους πνευστών από τα synthesizers. Εκτός από την προσομοίωση ενός τέτοιου controller θα τον συναντήσουμε είτε σαν ειδική υποδοχή σε ένα keyboard όπως για παράδειγμα το DX7 όπου ο controller είναι ενσωματωμένος στο όργανο, είτε σαν ανεξάρτητη συσκευή που συνδέεται στη MIDI IN θύρα του κάθε MIDI οργάνου.

#### **7.10.1.4 Foot Controller (4/0x04 coarse – 36/0x24 fine)**

Ο ρόλος αυτού του controller είναι ίδιος με του breath controller επιδρά δηλαδή και αυτός στην ένταση του τελικού σήματος. Ο controller αυτός λειτουργεί με την πίεση του ποδιού σε ένα pedal.

#### **7.10.1.5 Portamento Time (5/0x05 coarse – 37/0x25 fine)**

Μουσικά, το portamento είναι φαινόμενο παρόμοιο με το glissando δηλαδή δηλώνει μια τονική διολίσθηση ανάμεσα σε δύο νότες. Εντούτοις το glissando είθισται να αναφέρεται σε τονική μετατόπιση με χρήση διακριτών τονικών ύψων (όπως π.χ. στο πιάνο καθώς το χέρι του πιανίστα γλιστρά πάνω από τα πλήκτρα) ενώ το portamento αναφέρεται σε συνεχείς τιμές τονικού ύψους/βήματα (όπως π.χ. στο βιολί που είναι άταστο όργανο κι ένα γλίστρημα του δακτύλου πάνω στο μπράτσο του αντιστοιχεί σε ένα portamento).

Ο controller Portamento Time καθορίζει την διάρκεια της τονικής μετάβασης και χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το διακόπτη portamento on/off (65/0x41) για

ενεργοποίηση της λειτουργίας του portamento (ενότητα 7.10.2.2) και το συνεχές controller απλής ανάλυσης portamento control (84/0x54) για την εκτέλεση του portamento (ενότητα 7.10.3.2).

#### 7.10.1.6 Data Entry (6/0x06 coarse – 38/0x26 fine)

Στα πρώτα αναλογικά synthesizers οι ρυθμίσεις γίνονταν με τη φυσική παρέμβαση του χρήστη σε ποτενσιόμετρα, διακόπτες κλπ. που με τη σειρά τους επιδρούσαν το καθένα στις διάφορες διατάξεις που παρήγαγαν ή τροποποιούσαν τον ήχο (γεννήτριες, φίλτρα, γεννήτριες περιβάλλουσας κλπ.). Στα σύγχρονα synthesizers για τη ρύθμιση όλων αυτών των παραμέτρων υπάρχει ένα ενιαίο ρυθμιστικό και ένας διακόπτης που ενεργοποιεί την παράμετρο αυτή που συνήθως το όνομα και η τιμή της εμφανίζεται σε μια LCD οθόνη. Έτσι τις ρυθμίσεις για την κάθε παράμετρο τις μεταβάλουμε από το ρυθμιστικό αυτό. Το MIDI μήνυμα που εκπέμπεται σε αυτή τη διαδικασία είναι ένα control change message και ο controller που το διαχειρίζεται ονομάζεται Data entry.

Το πλεονέκτημα ενός τέτοιου τρόπου ρύθμισης είναι ο μικρός αριθμός ρυθμιστικών στην όψη του synthesizer και ο απλός τρόπος αποθήκευσης που γίνεται ψηφιακά. Το μειονέκτημα είναι ότι μπορούμε να εκτελούμε μια ρύθμιση τη φορά.

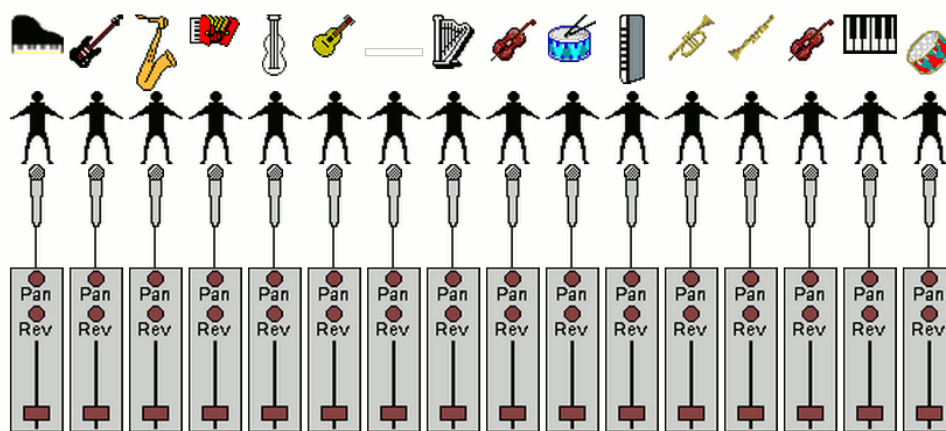
Το κοινό αυτό ρυθμιστικό Data entry μπορεί να το συναντήσουμε με τη μορφή ενός ποτενσιόμετρου, ενός ζεύγους πλήκτρων UP & Down ή + & -, ή ενός Dial ρυθμιστικού.

#### 7.10.1.7 Main Volume (7/0x07 coarse – 39/0x27 fine)

Αυτός ο controller έχει να κάνει με την ένταση εξόδου της γεννήτριας που παράγει τον ήχο στο συγκεκριμένο κανάλι. Το MIDI αυτό μήνυμα έχει διαδεδομένη χρήση στην αυτοματοποίηση (automation) των μίξεων που πραγματοποιούνται στα sequencers.

#### 7.10.1.8 Balance (8/0x08 coarse – 40/0x28 fine)

Ο controller αυτός ρυθμίζει το stereo balance της γεννήτριας ήχου στο συγκεκριμένο κανάλι. Εφόσον πρόκειται για multitimbral device κάθε part μπορεί να έχει το δικό της balance, όπως επίσης το δικό της volume και pan, ώστε να μπορεί να γίνει μίξη και αυτοματοποίηση για τον έλεγχο των παραμέτρων αυτών ανεξάρτητα για κάθε όργανο Σχήμα 7-7.



Σχήμα 7-7: Mixing και automation σε multitimbral device.

Επί της ουσίας το balance έχει νόημα για μια πάρτη (ένα όργανο) το οποίο έχει στοιχεία στέρεο δηλαδή διαφορετικό παραγόμενο σήμα για κάθε κανάλι (left, right). Σε αυτήν την περίπτωση, το balance προσαρμόζει τη σχετική ένταση των δύο αυτών καναλιών χωρίς να επηρεάζει το pan position. Αντίθετα η παράμετρος pan έχει νόημα για mono instruments, δηλαδή για ηχοχρώματα που αναπαράγονται σε ένα κανάλι.

#### 7.10.1.9 Pan (10/0x0A coarse – 42/0x2A fine)

Ο controller αυτός δίνει ένα μήνυμα το οποίο καθορίζει τη θέση ενός ήχου στη στερεοφωνική εικόνα. Προκύπτει από τη λέξη (Panoramic). Οι τιμές που παίρνει (στο data-2 byte) είναι όπως είναι φυσικό από 0 έως 127 και μετακινούν τον ήχο αντίστοιχα από Αριστερά προς Δεξιά.

#### 7.10.1.10 Expression (11/0x0B coarse – 43/0x2B fine)

Αυτός ο controller που είναι φυσικός έχει την μορφή ενός pedal που συνδέεται με το MIDI keyboard παρέχει μια μικρομετρική ρύθμιση του Volume με σκοπό να ρυθμίσει το τελικό στάδιο του main volume controller. Σε αντίθεση με το main volume που καθορίζει τη συνολική ένταση σε δεδομένο κανάλι, ο expression controller εφαρμόζεται για τη σταδιακή μείωση/αύξηση του volume, δηλαδή για την εφαρμογή crescendos και decrescendos.



Σχήμα 7-8: Crescendo και decrescendo σε μουσική σημειογραφία.

#### 7.10.1.11 General Purpose (16-19/0x10-0x13 coarse – fine 48-51/0x30 – 0x33)

Πρόκειται για controllers γενικής χρήσης, δηλαδή ο μουσικός μπορεί να θέσει σε αυτές τις παραμέτρους τη ρύθμιση οποιουδήποτε εφέ. Συνήθως χρησιμοποιούνται για να ελέγχουν παραμέτρους όπως αυτήν του aftertouch.

Αυτή η ομάδα των controllers είναι αφιερωμένη σε μη προτυποποιημένες εφαρμογές. Αυτοί οι συγκεκριμένοι έχουν ανάλυση 14 bit ενώ υπάρχει παρακάτω μια ακόμα ίδια κατηγορία (80-83) με 7 bit ανάλυση, δηλαδή ένα data byte.

### 7.10.2 Διακόπτες (64-69)

Από τον 64 έως τον 69 οι controller είναι έτσι κατασκευασμένοι ώστε να λειτουργούν σαν διακόπτες (switches), δηλαδή περιγράφουν μια on ή off κατάσταση. Από τις 128 τιμές που μπορεί να περιγράψει ένα data byte, σε ένα MIDI μήνυμα, οι τιμές 0-63 (00H-3FH) περιγράφουν μια κατάσταση **off**, ενώ από 64-127 (40H-7FH) μια κατάσταση **on**. Συνιστάται ωστόσο να χρησιμοποιείται η μικρότερη και η μεγαλύτερη τιμή 0(00H) & 127 (7FH).

Παρακάτω θα δούμε αναλυτικά τη λειτουργία όλων των διακοπών.

### 7.10.2.1 Damper Pedal ή Hold (64/0x40)

Είναι ο controller που έχει την ίδια λειτουργία με το sustain pedal του πιάνου. Έχει τη μορφή ενός pedal που όταν πιέζεται επιμηκύνει την διάρκεια εκτέλεσης μιας νότας. Όταν εκτελείται ένας ήχος και με πιεσμένο το damper pedal, όταν φτάσει ένα note off μήνυμα αυτό δεν εκτελείται αλλά αποθηκεύεται για να εκτελεσθεί όταν ελευθερώσουμε το pedal.

### 7.10.2.2 Portamento On/Off (65/0x41)

Αυτός ο controller ενεργοποιεί και απενεργοποιεί τη λειτουργία portamento. Η λειτουργία αυτή που περιγράφεται στην ενότητα 7.10.1.5 ενεργοποιείται συνήθως με το πάτημα ενός pedal.

### 7.10.2.3 Sostenuuto On/Off (66/0x42)

Σε αντίθεση με το damper pedal το sostenuto δεν παρατείνει τη διάρκεια των νοτών που εκτελούνται αφότου το pedal αυτό ενεργοποιηθεί, αλλά μόνο των νοτών που ήδη αναπαράγονται (έχει σταλεί το note on αλλά όχι το note off) κατά την πίεση του pedal αυτού. Δηλαδή οι νότες που θα παιχθούν αφότου πατηθεί το pedal δεν παρατείνονται σε διάρκεια. Το pedal αυτό χρησιμοποιείται σε σύγχρονα έργα πιάνου όπου για παράδειγμα μία μπάσα συγχορδία πρέπει να παραταθεί ενόσω παίζονται και με τα δύο χέρια νότες σε υψηλά τονικά ύψη.

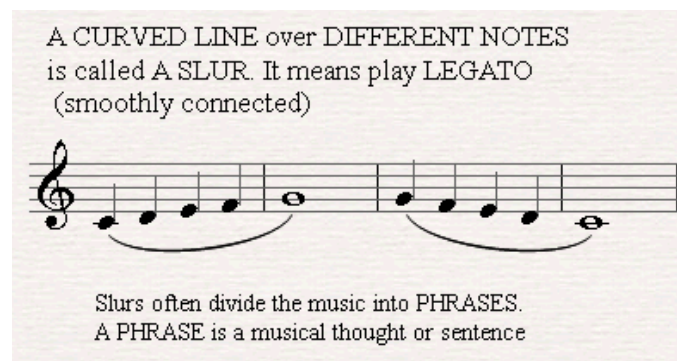
### 7.10.2.4 Soft pedal On/Off (68/0x43)

Αυτό το pedal και επομένως ο controller soft pedal εκπέμπει ένα MIDI μήνυμα που εκτελεί την ίδια λειτουργία με το soft pedal του πιάνου, δηλαδή όταν πιέζεται εξασθενεί τον ήχο που παράγεται.

### 7.10.2.5 Legato Footswitch (68/0x44)

Όταν ένα μήνυμα legato footswitch On ληφθεί από ένα keyboard η γεννήτρια ήχου γυρίζει σε μονοφωνική κατάσταση λειτουργίας (mode). Όταν στη συνέχεια ληφθεί ένα μήνυμα note on και στη συνέχεια ένα note on μιας δεύτερης νότας, πριν από το note off της πρώτης, τότε η γεννήτρια περνάει στην καινούργια συχνότητα (νότα), χωρίς να μεσολαβήσει η περίοδος attack της περιβάλλουσας πλάτους. Όταν το μήνυμα legato footswitch Off ληφθεί τότε το όργανο επιστρέφει στην αρχική του λειτουργία.

Σε μουσική σημειογραφία το legato αποτυπώνεται με ένα τόξο πάνω από τις νότες όπως αποτυπώνεται στο Σχήμα 7-9.



Σχήμα 7-9: Legato notes.

### 7.10.2.6 Hold 2 (69/0x45)

Ο controller αυτός έχει παρόμοια λειτουργία με το dumper pedal (ή hold), δηλαδή παρατείνει τη διάρκεια των νοτών που παίζονται αφότου ενεργοποιηθεί το pedal. Η ειδοποιός διαφορά είναι ότι με το Hold 2 η διάρκεια των νοτών παρατείνεται για ένα χρονικό διάστημα αλλά τελικά σταματάει, ενώ στο dumper pedal οι νότες παρατείνονται έως ότου απενεργοποιηθεί το pedal.

## 7.10.3 Συνεχείς controllers απλής ανάλυσης (70-119/0x46 -0x77)

Στην κατηγορία αυτή κατατάσσονται οι επιπλέον συνεχείς controllers που ωστόσο δε διαθέτουν την δυνατότητα να κωδικοποιούνται με 14 bit με την τεχνική MSB/LSB. Όπως μπορεί κανείς να δει στον Πίνακα 7-5, από αυτούς οι δέκα πρώτοι (70-79) είναι Sound Controllers που ρυθμίζουν τη χροιά κάθε νότας. Ακολουθούν τέσσερις (80-83) controllers γενικής χρήσης (general purpose), ο portamento controller (84), πέντε effects controllers (91-95) καθώς και οι RPN, NRPN και οι συναφείς του Data Increment/Decrement.

### 7.10.3.1 Sound Controllers (70-79/ 0x46 – 0x4F)

Οι παράμετροι αυτοί ρυθμίζουν τη χροιά μιας δεδομένης νότας είτε αναφορικά με το αρμονικό της περιεχόμενο (variation, timbre/harmonic intense, brightness) είτε ως προς την περιβάλλουσα πλάτους (release, attack time, decay time), είτε προς το vibrato που μπορεί να εφαρμόζεται σε αυτήν. Η σύνοψη των παραμέτρων αυτών αποτυπώνεται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 7-6: Sound Controllers

Dec	Hex	Control Function
70	46	Sound Controller 1 (default: Sound Variation)
71	47	Sound Controller 2 (default: Timbre/Harmonic Intens.)
72	48	Sound Controller 3 (default: Release Time)
73	49	Sound Controller 4 (default: Attack Time)
74	4A	Sound Controller 5 (default: Brightness)
75	4B	Sound Controller 6 (default: Decay Time - see MMA RP-021)
76	4C	Sound Controller 7 (default: Vibrato Rate - see MMA RP-021)
77	4D	Sound Controller 8 (default: Vibrato Depth - see MMA RP-021)
78	4E	Sound Controller 9 (default: Vibrato Delay - see MMA RP-021)
79	4F	Sound Controller 10 (default undefined - see MMA RP-021)

### 7.10.3.2 Portamento Controller (84/54H)

Το μήνυμα αυτό συντάσσεται ως εξής:

1011cccc (BcH) 01010100 (54Hex) 0nnnnnnn

cccc: MIDI channel

nnnnnnn: source note number

Όταν αυτό το μήνυμα ενεργοποιηθεί για το πρώτο note οn μήνυμα που θα φτάσει στη γεννήτρια πραγματοποιείται μια βαθμιδωτή μετάβαση (portamento effect) από τη νότα που ορίζει ο portamento controller (source note number) μέχρι τη νότα που πιάσαμε στο MIDI keyboard και με διάρκεια που ορίζεται από τον portamento time controller. Η ακολουθία των μηνυμάτων είναι:

*BcH 05H 0FH* (portamento time = 15)

*BcH 54H 3CH* (portamento source note number Ντο3 [0x3C])

*9cH 40H 39H* (note on number Μι3 (0x40) – θα εκτελεστεί portamento από τη Ντο3 στη Μι3, με διάρκεια που αντιστοιχεί στο δεκαδικό αριθμό 15)

### 7.10.3.3 Effects Controllers (91-95/0x5B – 0x 5F)

Μετά το portamento control ακολουθούν έξι μη ορισμένες (undefined) παράμετροι ακολουθούμενες από κάποιες παραμέτρους που αναφέρονται σε channel effects. Τα εφέ αυτά παρουσιάζονται συνοπτικά στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 7-7: Channel Effects

Bin	Hex	Control Function
91	5B	Effects 1 Depth (default: Reverb Send Level - see MMA RP-023) (formerly External Effects Depth)
92	5C	Effects 2 Depth (formerly Tremolo Depth)
93	5D	Effects 3 Depth (default: Chorus Send Level - see MMA RP-023) (formerly Chorus Depth)
94	5E	Effects 4 Depth (formerly Celeste [Detune] Depth)
95	5F	Effects 5 Depth (formerly Phaser Depth)

### 7.10.3.4 Data Increment (96/0x60) & Data Decrement (97/0x61)

Τα μηνύματα αυτά έχουν παρόμοια επίδραση με το control change μήνυμα data Entry (που περιγράφεται στην ενότητα 7.10.1.6). Η διαφορά τους είναι ότι τα μηνύματα αυτά μεταβάλουν βαθμιαία τα δεδομένα στην παράμετρο που βρίσκεται σε επεξεργασία ενώ το data entry δίνει απευθείας τιμή στην παράμετρο αυτή.

### 7.10.3.5 Registered and non-Registered Παράμετροι

Έχουν σα σκοπό να επιλέξουν μια παράμετρο ενός ήχου για να τη μεταβάλουν στη συνέχεια με ένα από τα μηνύματα Data Entry, Data Increment, Data Decrement . Το MIDI πρωτόκολλο διαθέτει 16384 κατοχυρωμένες (registered) τέτοιες παραμέτρους οι οποίες επιλέγονται μέσω των μηνυμάτων Registered Parameter Number (RPN) LSB (100/0x64) και RPN MSB (101/0x65) καθώς και άλλες 16384 μη-κατοχυρωμένες που επιλέγονται μέσω των μηνυμάτων NRPN LSB (98/0x62) NRPN MSB (99/0x63).

Εκ των RPN οι μέχρι τώρα ορισμένες παράμετροι φαίνονται στον Πίνακας 7-5 ενώ οι υπόλοιπες διατίθενται για μελλοντική χρήση από το πρωτόκολλο. Από αυτές τις παραμέτρους η πρώτη ονομάζεται Pitch Bend Sensitivity Range, και ορίζει το τονικό εύρος του glissando που θα πρέπει να εκτελεστεί σε μια γεννήτρια ήχου κατά τη λήψη pitch bend message.

Οι μη-κατοχυρωμένες NRPN παράμετροι διατίθενται για ελεύθερη χρήση.

## 7.11 Ερωτήσεις

1. Τι είναι ο Velocity Controller.
2. Τι σημαίνει ο όρος Multitimbral για τις MIDI διατάξεις.
3. Ποια η λειτουργία του pitch bend controller. Περιγράψτε μια κίνηση του από τη μεσαία θέση προς τα πάνω με κωδικοποίηση 14 bit.
4. Ποια η έννοια και η χρήση των MSB & LSB bytes στα control change μηνύματα.
5. Ποια η λειτουργία του modulation controller, με ποιο φυσικό τρόπο ελέγχεται από τον εκτελεστή. Περιγράψτε τα 4 πρώτα μηνύματα που εκπέμπει ο controller αυτός από τη μηδενική θέση αν χρησιμοποιεί MSB & LSB bytes.
6. Ποια η διαφορά του Portamento controller από τον Portamento time controller.

## 8 CHANNEL MODE MESSAGES

Στις μέχρι τώρα ενότητες μελετήσαμε αναλυτικά όλα τα channel voice μηνύματα. Υπενθυμίζεται ότι στην κατηγορία των channel voice μηνυμάτων ανήκουν όλα τα channel μηνύματα, δηλαδή note off, note on, polyphonic key pressure, pitch bend, channel aftertouch, program change και control change για τα οποία το controller number έχει τιμή από 0 έως 119. Με άλλα λόγια στην κατηγορία channel mode ανήκουν μόνο τα control change μηνύματα για τις παραμέτρους (controller number) 120 έως 127.

Υπενθυμίζεται επίσης ότι τα channel voice μηνύματα μεταφέρουν κυρίως εντολές και οδηγίες για τον τρόπο με τον οποίο εκτελούνται οι ήχοι ενώ τα channel mode μεταφέρουν πληροφορίες για τον τρόπο λειτουργίας του καναλιού. Έτσι όπως φαίνεται και στον Πίνακα 7-5, απομένουν οκτώ channel mode μηνύματα τα οποία αναλύονται στις ακόλουθες υποενότητες.

### 8.1 All Sounds Off (120/0x78)

Όπως θα περίμενε κανείς το format του μηνύματος αυτού θα έχει την μορφή ενός control change μηνύματος. Θα αποτελείται από τρία byte εκ των οποίων το πρώτο (status) θα δηλώνει το ότι είναι mode message καθώς και το κανάλι, το δεύτερο (data 1) τον τύπο του mode message και το τελευταίο (data 2) θα έχει την τιμή 0, τακτική που χρησιμοποιείται όταν ένα μήνυμα θέλουμε να εκτελέσει μια off λειτουργία. Πιο αναλυτικά θα έχει τη μορφή:

```
1011cccc (BcH) 01111000 (120/78H) 00000000
```

cccc: αριθμός καναλιού

Η λειτουργία αυτού του MIDI μηνύματος έχει σκοπό να δώσει εντολή στη γεννήτρια να σταματήσει την παραγωγή οποιουδήποτε ήχου εκτελείται στο ενδεδειγμένο κανάλι.

Η διαφορά του controller αυτού από τον All notes off που θα δούμε στην ενότητα 8.4, είναι ότι το μήνυμα αυτό σταματάει αμέσως όλους του ήχους (κάνει mute στο κανάλι) ανεξάρτητα από την παρουσία παρατεταμένων ήχων λόγω dumper pedal. Το μήνυμα αυτό χρησιμοποιείται σε ιδιαίτερες καταστάσεις για παράδειγμα όταν κάποιες νότες «κολλήσουν» ή όταν πατάμε το stop σε ένα sequencer.

### 8.2 Reset all Controllers(121/0x79)

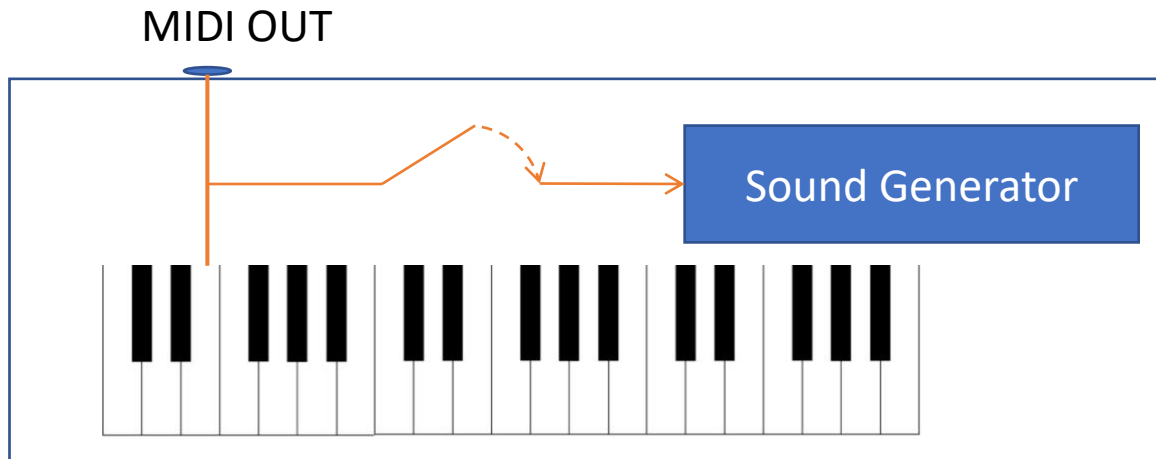
Το μήνυμα έχει τη μορφή:

```
10111xxxx(BcH)01111001(121/79H) 00000000
```

Το μήνυμα αυτό επαναφέρει στην αρχική κατάσταση όλους τους συνεχείς controllers αλλά και τους διακόπτες, δηλαδή τους controllers από 1-119 αλλά ταυτόχρονα και τους Pitch Bend, Polyphonic Key pressure & Channel aftertouch. Η επαναφορά στις αρχικές ρυθμίσεις είναι ουσιαστικά επαναφορά στις εργοστασιακές ρυθμίσεις, ενώ όσον αφορά τους διακόπτες στη θέση off.

### 8.3 Local on/off (122/0x7A)

Το μήνυμα αυτό αφορά κυρίως τις MIDI διατάξεις που διαθέτουν ένα keyboard και μια γεννήτρια ήχου στην ίδια συσκευή. Στα όργανα αυτής της κατηγορίας όταν μια νότα παιχτεί από το keyboard η εντολή που παράγεται ακολουθεί ταυτόχρονα δύο διαδρομές. Στην πρώτη το MIDI μήνυμα οδηγείται στη γεννήτρια και αυτή με τη σειρά της παράγει τον ήχο. Συγχρόνως το μήνυμα οδηγείται και στην έξοδο MIDI OUT της συσκευής για πιθανή χρήση σε άλλες συσκευές. Το μήνυμα Local on/off έχει σαν σκοπό να ελέγχει το άνοιγμα ή το κλείσιμο της εσωτερικής/τοπικής (local) αυτής δικτύωσης όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 8-1: Έλεγχος Local on/off.

Πιο αναλυτικά το μήνυμα θα έχει τη μορφή:

1011cccc(BcH) 01111010(122/7AH) 0xxxxxxx

cccc : Αριθμός καναλιού

xxxxxxx = 1111111 Local Control ON

xxxxxxx = 0000000 Local Control OFF

Όταν ένα όργανο είναι Local OFF μπορεί κάποιος να το φανταστεί σαν δύο διαφορετικές μονάδες α) το keyboard και β) την γεννήτρια ήχου. Σε αυτήν την κατάσταση μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν MIDI controller για τον έλεγχο άλλων οργάνων ενώ η γεννήτρια ήχου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ήχων ελεγχόμενη από άλλες MIDI συσκευές.

Θέτοντας το όργανο στην κατάσταση Local ON και συνδέοντας εξωτερικά την MIDI IN με την MIDI OUT θύρα το αποτέλεσμα θα είναι να στέλνουμε τα MIDI δεδομένα στην γεννήτρια δύο φορές. Μια τέτοια περίπτωση θα έχει σαν αποτέλεσμα αφενός να μειωθεί η πολυφωνία του οργάνου στο μισό (γιατί θα παίζει δύο φορές την κάθε νότα), αλλά και λόγω της μεγαλύτερης καθυστέρησης στην εξωτερική διαδρομή θα παρατηρείται πιθανόν ένα φαινόμενο μετατόπισης της φάσης που θα ακούγεται σαν chorus effect.

## 8.4 All notes off (123/0x7B)

Στην ίδια φιλοσοφία το μήνυμα All Notes Off δίνει εντολή στη γεννήτρια να σταματήσει την παραγωγή όλων των ήχων στο ενδεδειγμένο κανάλι. Η εκπομπή ενός τέτοιου μηνύματος ισοδυναμεί με την εκπομπή 128 note off μηνυμάτων. Εφόσον η γεννήτρια ήχου είναι εσωτερική, δηλαδή πρόκειται για synthesizer που φέρει keyboard και γεννήτρια ήχου στην ίδια συσκευή, το all notes off μήνυμα δε θα πρέπει να εκτελείται για τα πλήκτρα που παίζονται από το τοπικό keyboard, αλλά μονάχα για εκείνα που έρχονται από εξωτερική συσκευή μέσω της MIDI OUT θύρας. Εάν μια τέτοια συσκευή δεν έχει τη δυνατότητα να διαχωρίσει από πού προέρχεται το μήνυμα αυτό, τότε οφείλει να το αγνοεί. Επίσης, εάν το dumper pedal είναι ενεργοποιημένο, τότε η εκτέλεση του μηνύματος αυτού παρατείνεται έως ότου απενεργοποιηθεί το dumper pedal.

## 8.5 OMNI ON/OFF – POLY & MONO ΜΗΝΥΜΑΤΑ

Όπως είπαμε και παραπάνω τα channel voice μηνύματα κατευθύνονται στις γεννήτριες με σκοπό την παραγωγή του ήχου. Τα τέσσερα τελευταία control change μηνύματα, δηλαδή τα Omni mode on Omni mode off, Poly και Mono μηνύματα ρυθμίζουν την κατανομή των voice μηνυμάτων σε σχέση με την πολυφωνία και τα MIDI κανάλια. Πιο συγκεκριμένα ο συνδυασμός των παραπάνω μηνυμάτων καθορίζει το πώς ένα MIDI όργανο εκπέμπει και λαμβάνει voice μηνύματα.

Τα μηνύματα αυτά, όπως καταλαβαίνουμε από τα προηγούμενα, απευθύνονται και αφορούν ένα μεγάλο αριθμό καναλιών. Δεν είναι όμως εφικτό μια και αφορούν το σύνολο του οργάνου να εκπέμπονται και να λαμβάνονται σε όλα τα MIDI κανάλια με τον ίδιο τρόπο που συμβαίνει στα voice μηνύματα. Έτσι για την αποφυγή προβλημάτων τα mode μηνύματα εκπέμπονται και λαμβάνονται σε ένα μόνο κανάλι το οποίο ονομάζουμε **basic (ή base) channel** το συμβολίζουμε με το γράμμα **N** και είναι μοναδικά ορισμένο για κάθε MIDI διασύνδεση.

Όσα mode μηνύματα λαμβάνονται από μια συσκευή σε άλλο κανάλι εκτός από το basic channel απλά αγνοούνται από τη συσκευή. Ο χρήστης δεν μπορεί να μεταβάλει το basic channel παρά μόνο με ένα System Exclusive μήνυμα ή χειροκίνητα από το panel ελέγχου του οργάνου.

Παρακάτω ακολουθεί μια ανάλυση για τις έννοιες Omni on/off mono & poly.

### 8.5.1 Omni Mode OFF (124/0x7C)

Με το μήνυμα αυτό μια MIDI συσκευή τίθεται σε κατάσταση λειτουργίας τέτοια που να λαμβάνει δεδομένα μόνο από το προκαθορισμένο κανάλι και να αγνοεί τα μηνύματα σε όλα τα άλλα κανάλια. Έτσι για παράδειγμα μια γεννήτρια που είναι προγραμματισμένη να λαμβάνει στο κανάλι 3 με το μήνυμα αυτό θα αγνοεί όλα τα υπόλοιπα μηνύματα στα διάφορα κανάλια. Το μήνυμα έχει τη μορφή:

```
1011cccc(BcH) 01111100(124/7CH) 00000000
```

```
cccc: base channel
```

### 8.5.2 Omni Mode ON (125/0x7D)

Με το μήνυμα αυτό η MIDI συσκευή ανταποκρίνεται σε όλα τα MIDI μηνύματα άσχετα με το κανάλι για το οποίο αυτά προορίζονται. Η μορφή τους είναι η παρακάτω:

```
1011cccc(BcH) 01111101(125/7DH) 00000000
```

Cccc: base channel

### 8.5.3 Mono Mode ON (126/0x7E)

Όταν μια συσκευή πάρει ένα μήνυμα mono mode on τότε μπαίνει σε μονοφωνική λειτουργία και όπως είναι επόμενο παίζει μια νότα τη φορά για κάθε κανάλι. Η μορφή του MIDI μηνύματος φαίνεται παρακάτω:

```
1011cccc(BcH) 01111110(126/7EH) 0xxxxxxx
```

cccc: base channel

xxxxxxx : εάν συνδυάζεται με omni on τα περιεχόμενα του αγνοούνται. Εάν συνδυάζεται με omni off, τότε μεταφέρει το πλήθος των καναλιών που θα τεθούν σε μονοφωνική λειτουργία.

### 8.5.4 Poly Mode ON (127/0x7F)

Με το μήνυμα αυτό το MIDI όργανο εκτελεί ταυτόχρονα σε κάθε κανάλι όσες νότες του επιτρέπει η πολυφωνία του.

```
1011cccc (BcH) 01111111 00000000
```

cccc: base channel

## 8.6 MIDI Modes

Οι συνδυασμοί των παραπάνω (Omni Mode on/off, Poly & Mono) μηνυμάτων καθορίζουν αυτό που ονομάζουμε **MIDI Modes** αυτά είναι τέσσερα. Ο Πίνακας 8-1, περιγράφει συνοπτικά τα modes αυτά όπως ορίζονται από τις προδιαγραφές του MIDI.

Πίνακας 8-1: MIDI Modes

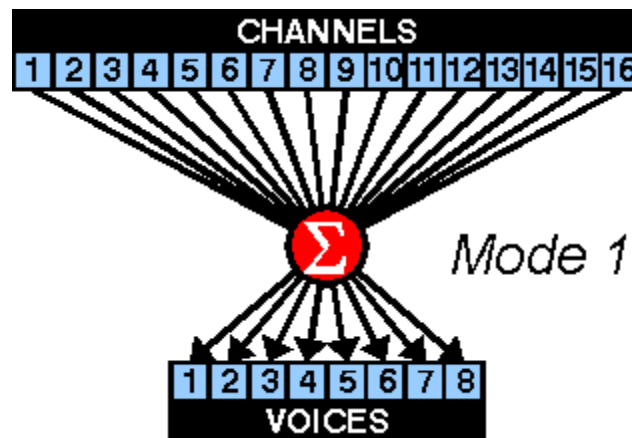
Mode	Omni	POLY/MONO	Result
1	ON	POLY	messages are received from all channels and assigned to all voices
2	ON	MONO	messages are received from all channels and control one voice monophonically
3	OFF	POLY	messages are received only on a specified channel, but are assigned to all voices
4	OFF	MONO	messages are received only on a specified channel, but are assigned to a specified number of monophonic voices

Αυτά τα τέσσερα modes καθορίζουν το πώς μια MIDI συσκευή, λειτουργώντας σε δέκτης MIDI μηνυμάτων, θα αντιδρά στα channel voice μηνύματα. Συνήθως όταν μια συσκευή τίθεται σε κατάσταση λειτουργίας μπαίνει σε mode 1. Παρακάτω θα δούμε αναλυτικά τις λειτουργίες για το κάθε mode. Ένα ενδιαφέρον άρθρο για την επεξήγηση των MIDI modes παρέχεται δικτυακά στο [3], από όπου προέρχονται και τα ακόλουθα επεξηγηματικά σχήματα.

### 8.7 MODE 1 (Omni On/Poly)

Σ' αυτό το mode το MIDI όργανο λαμβάνει τα voice μηνύματα ανεξάρτητα από το ποιο κανάλι προορίζονται και εκτελεί νότες τόσες όσες του επιτρέπει η πολυφωνία του. Έτσι

αν λάβει μια συγχορδία που αποτελείται από τρεις νότες θα εκτελέσει τη συγχορδία ανεξάρτητα από το αν οι νότες είναι σε διαφορετικό κανάλι, αρκεί να το επιτρέπει η πολυφωνία του.

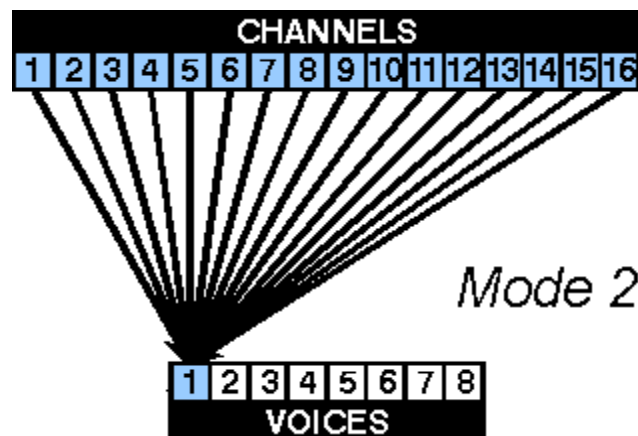


Σχήμα 8-2: Αναπαράσταση του Mode 1.

Η κατανομή της πολυφωνίας στα διάφορα κανάλια μπορεί να γίνεται είτε στατικά είτε δυναμικά, όπως εξηγείται στην ενότητα 6.2.2.

### 8.8 MODE 2 (Omni On/Mono)

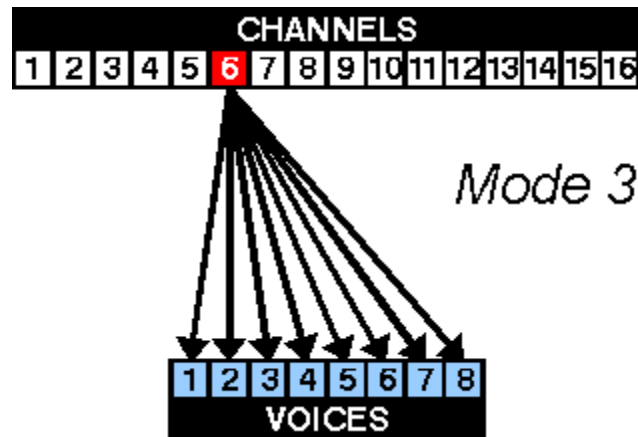
Σε αυτή την κατάσταση λειτουργίας τα voice μηνύματα λαμβάνονται από όλα τα κανάλια και προωθούνται σε μία φωνή, δηλαδή κάθε κανάλι είναι μονοφωνικό. Καθώς αυτό το mode μουσικά δεν έχει ευρεία χρήση, σπανίως υλοποιείται από συσκευές. Στο mode αυτό το τρίτο byte του mono μηνύματος δεν παίζει καμιά ιδιαίτερη σημασία.



Σχήμα 8-3: Αναπαράσταση του Mode 2.

### 8.9 MODE 3 (Omni off/poly)

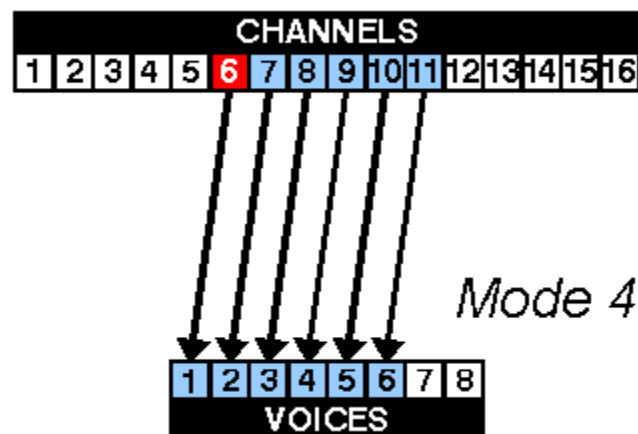
Στο mode αυτό το όργανο αποδέχεται μόνο τα Voice μηνύματα που αντιστοιχούν στο base channel το οποίο και αναπαράγει τόσες νότες όσες επιτρέπει η πολυφωνία του οργάνου.



Σχήμα 8-4: Αναπαράσταση του Mode 3.

### 8.10 MODE 4 (Omni off/Mono)

Θεωρητικά, στο mode αυτό η συσκευή θα έπρεπε να αντιδρά μονοφωνικά σε ένα μόνο κανάλι. Στην πράξη το μήνυμα αυτό θέτει σε μονοφωνική λειτουργία ένα ορισμένο αριθμό από MIDI κανάλια ο οποίος ορίζεται από το δεύτερο data byte του Mono Mode On μηνύματος.



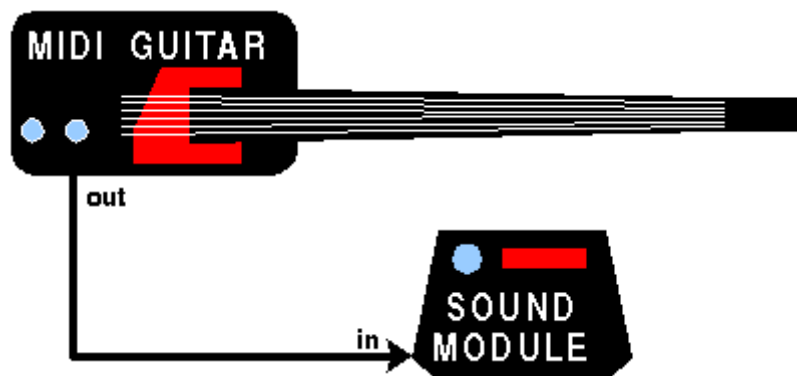
Σχήμα 8-5: Αναπαράσταση του Mode 4.

Στο mode αυτό, η συσκευή αναγκάζεται να λειτουργήσει σαν ένα σύνολο από μονοφωνικές γεννήτριες ήχου καθεμιά από τις οποίες λειτουργεί στο δικό της κανάλι. Αν υποθέσουμε ότι  $N$  είναι το basic channel το κανάλι δηλαδή που όπως είδαμε και στις προηγούμενες παραγράφους έχει ρυθμιστεί να μεταφέρει τα mode μηνύματα και  $M$  είναι ο αριθμός των καναλιών τα οποία χρειαζόμαστε τότε θα εκπέμπουμε τα MIDI μηνύματα από το  $N$  έως το  $(N+M-1)$  κανάλι. Πρέπει εδώ να πούμε ότι ο αριθμός των καναλιών ( $M$ ) μεταφέρεται στο Mono on μήνυμα στο δεύτερο data byte όπως είδαμε στην παράγραφο 8.5.3. Ένα παράδειγμα για τη χρησιμότητα αυτού του mode είναι στην εφαρμογή του στη **MIDI Κιθάρα**.

Η MIDI κιθάρα όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενα κεφάλαια, είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για μουσικούς που θέλουν να χρησιμοποιήσουν τις δυνατότητες του MIDI και δεν έχουν δεξιότητα στη χρήση των keyboards. Η ουσία είναι ότι εκτός από note messages εκπέμπονται και control μηνύματα για να καλύψουν όπως είναι φυσικό τις

εκφραστικές ανάγκες του εκτελεστή. Αν φανταστούμε ότι παίζοντας μια MIDI κιθάρα ο εκτελεστής παίζοντας μια συγχορδία θέλει ανασηκώνοντας τη μια χορδή να παράγει ένα ιδιαίτερο ηχόχρωμα (διαδικασία καθόλου σπάνια στην εκτέλεση της κιθάρας), τότε ο controller θα πρέπει να εκπέμψει ένα pitch bend μήνυμα. Αν η εκτέλεση των ήχων γινόταν πολυχρωματικά από γεννήτριες που λαμβάνουν στο ίδιο κανάλι τότε ένα τέτοιο μήνυμα θα είχε σα συνέπεια να εκτελεστεί η pitch bend εντολή από το σύνολο των γεννητριών και άρα να εφαρμοσθεί στο σύνολο της συγχορδίας.

Εύκολα μπορεί κανείς να καταλάβει ότι για να αποφευχθεί η παραπάνω ανωμαλία θα πρέπει τα μηνύματα για την κάθε χορδή (note & control message) να εκπέμπονται σε ξεχωριστά κανάλια και εφόσον πρόκειται για κιθάρα να χρησιμοποιηθούν έξι διαφορετικά κανάλια. Γίνεται εύκολα κατανοητό ότι θα ήταν ποιο λειτουργικό το κάθε κανάλι να είναι σε μονοφωνικό mode μια και αυτό ισχύει για την κιθάρα.



Σχήμα 8-6: Όταν μια MIDI κιθάρα συνδέεται σε ένα sound module η κιθάρα θέτει το module σε mode 4.

1. Το mode που περιγράφουμε (Omni off/mono) δίνει ακριβώς αυτήν τη δυνατότητα. Έτσι όταν μια συσκευή συνδεθεί με ένα MIDI Guitar Controller ο τελευταίος θέτει τη συσκευή σε Mode 4 (Omni off/mono). Στο τελευταίο byte του mono message ορίζεται ο αριθμός των καναλιών που θα χρησιμοποιηθούν. Αν υποθέσουμε ότι M είναι ο αριθμός των MIDI καναλιών και N το basic Πώς μπορούμε να δοκιμάσουμε αν ένα MIDI καλώδιο λειτουργεί σωστά με τη χρήση των Local control εντολών;

channel τότε όπως είδαμε και πριν τα κανάλια που θα χρησιμοποιηθούν για τα Voice μηνύματα θα είναι από N έως το (N+M-1) με απαραίτητη προϋπόθεση φυσικά το (N+M-1) να είναι μικρότερο ή ίσο από 16. Προκειμένου για τον MIDI guitar controller M=6 (όσες και οι χορδές της κιθάρας). Αν για παράδειγμα το basic channel είναι το 3, τότε τα κανάλια που θα δεσμευτούν για την επικοινωνία του controller με την MIDI συσκευή θα είναι από το 3 έως το (3+6-1=8).

## 8.11 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

2. Ποια είναι τα channel mode μηνύματα, σε τι διαφέρουν από το Channel Voice θεωρητικά και πρακτικά
3. Ποια η λειτουργία του μηνύματος all notes off και ποια του note on;
4. Ποια είναι τα 4 mode λειτουργίας των MIDI συσκευών;
5. Γράψτε σε δυαδική και δεκαεξαδική μορφή τα MIDI μηνύματα α) all notes off για το κανάλι 5, β) Local control off για το κανάλι 3, γ) mono mode on για το κανάλι 6 και αριθμό καναλιών 4.

## 9 RUNNING STATUS

### 9.1 ΣΥΜΠΙΕΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ RUNNING STATUS

Πριν προχωρήσουμε στην εξέταση της τρίτης και τελευταίας κατηγορίας MIDI μηνυμάτων που είναι τα System Messages θα κάνουμε μια μικρή παρένθεση με το κεφάλαιο αυτό εξετάζοντας τη μέθοδο συμπίεσης των MIDI δεδομένων που ονομάζονται **Running status**.

Η μέθοδος running status είναι ένας τρόπος συμπίεσης των MIDI δεδομένων σε πραγματικό χρόνο (δηλαδή καθώς αυτά μεταφέρονται) με στόχο να αποφευχθούν προβλήματα καθυστέρησης εξαιτίας της μεγάλης συσσώρευσης δεδομένων που μπορεί να προκληθεί από την εκτεταμένη χρήση των διαφόρων controller και ιδιαίτερα των continuous controllers.

Γενικά είναι επιθυμητό για τα synthesizers αλλά και τα sequencers να έχουν τη δυνατότητα να απενεργοποιούν τη λειτουργία running status όταν αυτό είναι αναγκαίο για να αποφύγουν προβλήματα συμβατότητας με κάποιες (θεωρητικά λίγες), συσκευές που δεν αναγνωρίζουν αυτήν την κωδικοποίηση.

Ωστόσο είναι καθήκον του δέκτη να αναγνωρίσει πότε λαμβάνει δεδομένα που είναι συμπιεσμένα. Κάποιες συσκευές δε συμπιέζουν τα MIDI δεδομένα παρά μόνον όταν η πυκνότητα τους ξεπεράσει ένα προκαθορισμένο επίπεδο.

Με τη μέθοδο running status συμπιέζονται μόνο channel μηνύματα δηλαδή Voice & Mode μηνύματα που όπως μπορούμε να φανταστούμε είναι αυτά που καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο όγκο της MIDI πληροφορίας. Η συμπίεση αυτή γίνεται με τον ακόλουθο τρόπο. Σε συνεχόμενα μηνύματα που έχουν το ίδιο status byte και χρησιμοποιούν το ίδιο κανάλι, το status byte εκπέμπεται μόνο την πρώτη φορά χωρίς να επαναλαμβάνεται στα επόμενα μηνύματα. Τη διαδικασία αυτή μπορούμε να την δούμε στο διάγραμμα που ακολουθεί, στο οποίο αναγράφονται τα μηνύματα που αντιστοιχούν στην αναπαραγωγή της συγχορδίας Ντο μείζονα στη μεσαία οκτάβα. Βλέπουμε στην πάνω γραμμή τα τρία μηνύματα *note on* χωρίς συμπίεση και στην κάτω σειρά τα ίδια μηνύματα συμπιεσμένα με running status που προκαλούν το ίδιο ακριβώς ηχητικό αποτέλεσμα.

<b>No compression</b>	0x90 0x3C 0x27	0x90 0x40 0x2B	0x90 0x43 0x25
<b>Running Status Compression</b>	0x90 0x3C 0x27	0x40 0x2B	0x43 0x25

Βλέπουμε λοιπόν ότι με τη μέθοδο αυτή μπορούμε να μειώσουμε τον αριθμό των MIDI bytes σε επτά από εννέα που ήταν αρχικά.

Ένα δεύτερο είδος συμπίεσης που περιλαμβάνει η μέθοδος **running status** είναι η κωδικοποίηση του δεύτερου data byte που δηλώνει το velocity.

Το δεύτερο data byte σε ένα note off μήνυμα μεταφέρει θεωρητικά την τιμή του velocity που είναι στην ουσία ο χρόνος που χρειάζεται για να μετακινηθεί το πλήκτρο που έχουμε πιέσει, από την κάτω θέση **B** στην πάνω θέση **A**. Ωστόσο είναι πάρα πολύ σπάνιο ένα keyboard να διαθέτει σύστημα που να μετρά αυτόν το χρόνο γιατί είναι πολύ μικρή η

εκφραστική σημασία της παραμέτρου αυτής. Ωστόσο υπάρχουν όργανα που διαθέτουν αυτήν την παράμετρο και γεννήτριες που την αξιοποιούν.

Στα περισσότερα keyboards η παράμετρος αυτή δεν διατίθεται και η τιμή που παίρνει το data byte 2 σε ένα note off μήνυμα είναι συνήθως μια προκαθορισμένη ενδιάμεση τιμή, συνήθως 40H (64).

Με τη μέθοδο running status μπορούμε να πετύχουμε ακόμα μεγαλύτερη συμπίεση αν αντί για note off μήνυμα στείλουμε note on με velocity 0. Πρακτικά το αποτέλεσμα δεν αλλάζει αφού όπως είπαμε η τιμή του velocity για το note off μήνυμα δεν αξιοποιείται. Το μεγάλο όφελος αυτής της τεχνικής είναι ότι το status byte και για την πίεση μιας νότας αλλά και κατά τη απελευθέρωση της είναι το ίδιο (0x90) και επομένως μπορεί να συμπειστεί με την τεχνική του running status.

Παρακάτω μπορούμε να παρατηρήσουμε τα αποτελέσματα αυτής της τεχνικής.

### Note on & Note off μιας συγχορδίας χωρίς Running status:

```

90H 3CH 69H : Note on Channel 1/ note C3/ Velocity 105
90H 40H 5FH : >> / note E3/ Velocity 95
90H 43H 77H : >> / note G3/ Velocity 119
80H 3CH 40H : Note off Chann. 1 / note C3/ Velocity 64
80H 40H 40H : >> / note E3/ Velocity 64
80H 43H 40H : >> / note G3/ Velocity 64

```

### Τα παραπάνω μηνύματα με συμπίεση Running Status:

```

90H 3CH 69H : Note on Channel 1/ note C3/ Velocity 105
40H 5FH : >> / >> E3/ >> 95
43H 77H : >> / >> G3/ >> 119
3CH 00H : Note off Chann. 1 / >> C3/ >> 0 (note off)
40H 00H : >> / >> E3/ >> 0 >>
43H 00H : >> / >> G3/ >> 0 >>

```

Βλέπουμε ότι εφαρμόζοντας τα παραπάνω μειώνουμε τον αριθμό των bytes από 18 που ήταν αρχικά για τα παραπάνω μηνύματα σε 13.

## 9.2 RUNNING STATUS BUFFER

Μπορούμε εύκολα να κατανοήσουμε ότι αυτή η μέθοδος συμπίεσης είναι ποιο δραστική στα Note μηνύματα και στα control change μηνύματα. Ωστόσο απαιτεί μια παραπάνω δεξιότητα από το δέκτη ο οποίος πρέπει πάντα να αποθηκεύει στη μνήμη του το τελευταίο status byte που λαμβάνει, σε ένα ειδικό buffer που ονομάζεται **Running Status Buffer**. Επίσης πρέπει να ξέρει πόσα data bytes περιμένει μετά το τελευταίο status και συγχρόνως να αγνοεί τα status bytes από τα real time μηνύματα που μπορεί να καταφθάσουν ενδιάμεσα.

Αν υποθέσουμε τώρα ότι σε ένα δέκτη που είναι σε mode 1 (Omni on, Poly) καταφθάσει ένα mode μήνυμα σε ένα κανάλι διαφορετικό από το basic channel N, τότε αν η συσκευή

αποφασίσει να μην καταχωρίσει το status byte που είναι όπως είδαμε στα προηγούμενα κεφάλαια control change status byte και στη συνέχεια ακολουθεί ένα modulation μήνυμα που η συσκευή εκπομπής το έχει συμπιέσει με το mode μήνυμα, με running status τότε το αποτέλεσμα θα είναι να χαθεί εξολοκλήρου το modulation μήνυμα γιατί η συσκευή δέκτης δεν θα ξέρει ποιο status να τοποθετήσει μπροστά από τα εισερχόμενα δεδομένα.

Το MIDI standard προτείνει για το running status buffer την ακόλουθη διαχείριση:

1. Καθαρισμός του buffer όταν η συσκευή ανοίγει.
2. Αποθήκευση του status για κάθε channel message που καταφθάνει.
3. Καθαρισμός του buffer όταν φθάσουν System Exclusive & System Common messages.
4. Το buffer μένει ανέπαφο όταν φθάσουν real time messages.
5. Αγνοούνται τα data bytes που φθάνουν όταν το buffer είναι κενό (έχει μηδενισθεί).

Αναφορικά με τη διαχείριση των System μηνυμάτων από το running status buffer διευκρινίζονται τα εξής:

- Τα system realtime messages όπως θα δούμε στο επόμενο κεφάλαιο δεν έχουν data bytes. Αποτελούνται από ένα μοναδικό byte, το status byte το οποίο μπορεί και να σταλεί και στο ενδιάμεσο ενός channel message. Συνεπώς το buffer δεν έχει λόγο να αλλάξει τα περιεχόμενά του.
- Τα system exclusive και system common μηνύματα, αλλάζουν ριζικά τον τρόπο ροής δεδομένων στη γεννήτρια ήχου, συνεπώς δεν υπάρχει λόγος διατήρησης ενός status byte που προέρχεται από προηγούμενο channel message.

### 9.3 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πώς επιτυγχάνουμε την συμπίεση των MIDI δεδομένων με τη μέθοδο Running Status;
2. Πόσα bits λιγότερα θα σταλούν στο πάτημα μιας συγχορδίας Am στην 3<sup>η</sup> οκτάβα και ποια θα είναι αυτά; Περιγράψτε αναλυτικά τη διαδικασία.
3. Τι είναι το Running Status Buffer;
4. Πόσα bits λιγότερα θα σταλούν σε μια κίνηση προς τα πάνω του pitch bend τροχού αν τα μηνύματα είναι συμπιεσμένα με running status και η κωδικοποίηση της κίνησης είναι 9 bits.

## 10 SYSTEM ΜΗΝΥΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό θα ασχοληθούμε με ένα πολύ σημαντικό θέμα του πρωτοκόλλου MIDI που είναι τα system μηνύματα. Τα μηνύματα που συναντήσαμε μέχρι τώρα ανήκουν στη κατηγορία των channel μηνυμάτων και είναι αυτά που απευθύνονται σε ένα συγκεκριμένο κανάλι. Είναι αυτά που ως επί το πλείστον μεταφέρουν μουσική πληροφορία, τις παραμέτρους δηλαδή που δημιουργεί και διαμορφώνει ο μουσικός με το παίξιμό του. Ωστόσο η διασύνδεση και η επικοινωνία των μουσικών συσκευών απαιτεί και μια ακόμα σειρά από παραμέτρους που απευθύνονται στο σύνολο της διασύνδεσης, δηλαδή όλων εκείνων των συσκευών που είναι συνδεδεμένες μεταξύ τους (το MIDI network). Τα μηνύματα που χρησιμοποιούμε για το λόγο αυτό είναι τα system μηνύματα.

Το διακριτικό των μηνυμάτων αυτών είναι ότι η πρώτη τετράδα από bits του status byte αντιστοιχεί σε τέσσερις άσσους (1111/0xF) και ότι η δεύτερη τετράδα, καθώς δε χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει κανάλι, χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει το είδος του system message. Έτσι προκύπτουν 16 ( $=2^4$ ) μηνύματα τα οποία κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες ως ακολούθως:

Πίνακας 10-1: Σύνοψη system Messages

Κατηγορία	Αριθμός	Status	Name	Data bytes
<b>System Exclusive</b>	<b>2</b>	0xF0	SysEx Header	Απροσδ/το
		0xF7	EOX	
<b>System Common</b>	<b>6</b>	0xF1	MIDI Time Code Quarter Frame	1
		0xF2	SPP: Song Position Pointer	2
		0xF3	Song Select	1
		0xF4	Undefined	
		0xF5	Undefined	
		0xF6	Tune Request	0
<b>System Realtime</b>	<b>8</b>	0xF8	Timing Clock	0
		0xF9	Undefined	0
		0xFA	Start	0
		0xFB	Continue	0
		0xFC	Stop	0
		0xFD	Undefined	0
		0xFE	Active Sensing	0
		0xFF	System Reset	0

Δηλαδή έχουμε δύο μηνύματα στην κατηγορία System Exclusive, 6 μηνύματα στην κατηγορία System Common και 8 μηνύματα στην κατηγορία System Realtime. Οι

κατηγορίες αυτές καθώς και τα μηνύματα που περιλαμβάνουν περιγράφονται στις ακόλουθες ενότητες.

## 10.1 System Exclusive

Όλα τα MIDI μηνύματα πλην των system exclusive (channel voice, channel mode, system common & system real time) έχουν ένα γενικό, συνολικό νόημα που αφορά όλες τις MIDI συσκευές ανεξαρτήτως κατασκευαστή και τύπου. Τα δύο μηνύματα της κατηγορίας αυτής προβλέπουν τη δυνατότητα ανταλλαγής μηνυμάτων ανάμεσα σε συσκευές συγκεκριμένου κατασκευαστή ή συγκεκριμένου μοντέλου, τα οποία είναι εξειδικευμένα για το συγκεκριμένο κατασκευαστή ή μοντέλο.

Έτσι, δύο γεννήτριες με διαφορετικές τεχνικές σύνθεσης ήχου όπως για παράδειγμα ένα Yamaha DX7 και ένα Korg M1 έχουν παραμέτρους που αφορούν στην παραγωγή του ήχου που είναι αδύνατο να τις ανταλλάξουν. Ωστόσο είναι αναγκαίο για συσκευές που είναι ίδιες ή ανήκουν στην ίδια 'οικογένεια' να έχουν ένα τρόπο να ανταλλάσσουν αυτές τις πληροφορίες. Ο τρόπος για την παραπάνω λειτουργία είναι η χρήση των System Exclusive μηνυμάτων.

Το format των μηνυμάτων αυτών είναι:

```
11110000(0xF0) 0xxxxxxx <data bytes> ..... 11110111(0xF7)
```

Δηλαδή σε κάθε System Exclusive μήνυμα ξεκινά με το status byte 0xF0 (που ονομάζεται Sysex header), ακολουθεί ένας μη προσδιορισμένος αριθμός από data bytes (ανάλογα την πληροφορία που μεταφέρεται, και το μήνυμα τελειώνει με το status byte 0xF7 (που ονομάζεται EOX, δηλαδή End Of Exclusive). Ο λόγος της ιδιαιτερότητας στη σύνταξη των SysEx μηνυμάτων σε σχέση με τα υπόλοιπα MIDI μηνύματα είναι ότι δεν υπάρχει προκαθορισμένος αριθμός από data bytes στα system exclusive μηνύματα, έτσι όταν μια συσκευή δεχθεί ένα μήνυμα δεν μπορεί να γνωρίζει η ίδια πότε τελειώνει αυτό σε αντίθεση με ένα note on για παράδειγμα που ακολουθείται από δύο data bytes. Έτσι είναι αναγκαίο στο τέλος ενός τέτοιου μηνύματος να υπάρχει ένα status byte που να ορίζει το τέλος αυτό. Ενδιάμεσα δε σ' αυτά υπάρχει ένας αριθμός από data bytes που το πλήθος τους εξαρτάται από την κάθε συσκευή αλλά και το κάθε διαφορετικό μήνυμα.

Παράδειγμα χρήσης των SysEx μηνυμάτων είναι η μετάδοση ενός ηχοχρώματος (π.χ. πιάνου) ανάμεσα σε δύο ή περισσότερες γεννήτριες ήχου. Καθώς οι αλγόριθμοι σύνθεσης ήχου ορίζονται από πολλαπλές παραμέτρους, η ανταλλαγή τους ανάμεσα σε δύο ή περισσότερες συσκευές ονομάζεται **System Exclusive Dump** ή **Parameter Dump**. Εάν το dump περιέχει παραμέτρους για όλες τις φωνές που βρίσκονται στη μνήμη του synth τότε ονομάζεται *Bulk Dump*.

Προφανώς, τα μηνύματα αυτά καθώς περνούν από όλη τη MIDI διασύνδεση αγνοούνται από συσκευές στις οποίες δεν απευθύνονται, είτε λόγω διαφορετικού κατασκευαστή είτε λόγω διαφορετικού μοντέλου. Ενώ όταν ληφθεί το EOX όλες οι συσκευές που αγνοούσαν το sysex ξυπνούν.

### 10.1.1 Manufacturer ID

Τα System Exclusive μηνύματα μπορούμε να πούμε ότι χωρίζονται σε αυτά που χρησιμοποιεί ο κατασκευαστής και σ' αυτά που διαμορφώνονται από το χρήστη. Τα πρώτα είναι αυτά που ονομάζουμε manufacturers messages και σε γενικές γραμμές θα τα εξετάσουμε παρακάτω.

Στα μηνύματα αυτά που είναι «ιδιοκτησία» των κατασκευαστών το πρώτο data byte (μετά το header) καθορίζει την εταιρεία. Αυτά τα bytes ονομάζονται και Manufacturer's ID (Man ID) ή "maker Identification" και εκδίδονται από τους δύο διεθνής οργανισμούς MMA & JMSC που σχετίζονται με το MIDI πρότυπο. Οι εταιρείες είναι υποχρεωμένες να εκδώσουν το format από τα μηνύματα αυτά μέσα σε ένα χρόνο από την είσοδο της συσκευής στην αγορά.

Ειδικότερα, το Man ID μπορεί να πάρει τιμές από 0x00 έως και 0x7C, καθώς τα ακολουθούμενα του header data bytes με τιμή 0x7D, 0x7E και 0x7F έχουν ειδική ερμηνεία. Τα μηνύματα αυτά ονομάζονται Universal SysEx και τα θα δούμε στη συνέχεια.

Έτσι το Man ID μπορεί να πάρει 125 διαφορετικές τιμές (0x00 έως 0x7C). Έτσι για κάθε εταιρία το SysEx μήνυμα έχει διαφορετικό πρόθεμα, π.χ.

- YAMAHA -> F0 43
- Casio -> F0 44
- Lexicon ->F0 06

Όμως καθώς η βιομηχανία των συσκευών MIDI διαρκώς επεκτείνεται, κάποια στιγμή έγινε αντιληπτό ότι δεν αρκεί ένα byte για να προσδιορίσει το Man ID. Έτσι ορίστηκε ένας τρόπος για την αύξηση των ID κωδικών κατά 16384 με χρήση τριών byte, εκ των οποίων το πρώτο είναι το 0x00 ενώ τα επόμενα δύο data bytes αφήνουν 14 bits για την κωδικοποίηση του Man ID. Η κωδικοποίηση λειτουργεί ως εξής.

- Για ID μεγαλύτερα από 00H αλλά μικρότερο από 7DH ο κώδικας ID είναι ένα byte (το πρώτο data byte). Το format φαίνεται παρακάτω:

11110000(F0H)	0xxxxxxx	<data bytes>.....	11110111(F7H)
(System Excl.)	(ID code)	(data)	(EOX)

- Για το data που έχει την τιμή 00H ο ID code αποτελείται από τρία data bytes εκ των οποίων μόνο το δεύτερο και το τρίτο υπολογίζονται στην κωδικοποίηση του ID code με τον τρόπο που φαίνεται παρακάτω.

11110000(F0H)	00000000	0yyyyyyy	0zzzzzzz	<data bytes>...	11110111
(System Excl.)	(1 <sup>st</sup> Data)	(2 <sup>nd</sup> , 3 <sup>rd</sup> Data	ID code)	(data)	(EOX)

Ειδικότερα τα Man ID των τριών byte διαιρούνται γεωγραφικά και με βάση την προέλευση του κατασκευαστή ως εξής:

- USA: 00 00 01 – 00 1F 7F
- Europe + Australia: 00 20 00 – 00 3F 7F
- Japan: 00 40 00 – 00 5F 7F
- Other areas: 00 60 00 – 00 7F 7F

Τα bytes που ακολουθούν το ManID καθορίζονται πλήρως από τον συγκεκριμένο κατασκευαστή, αρκεί να είναι μικρότερα του 7F (αν έρθει μεγαλύτερο τότε το sysex διακόπτεται).

Πολλοί κατασκευαστές χρησιμοποιούν subIDs προκειμένου να απευθύνουν μηνύματα σε συγκεκριμένα μοντέλα ή/και deviceID προκειμένου να απευθυνθούν σε ορισμένες συσκευές (οι οποίες μπορούν να είναι συντονισμένες σε διαφορετικό κανάλι). Άλλωστε μπορούν να έχουν 128 διαφορετικά deviceID ενώ τα κανάλια είναι μόνο 16.

Κάθε κατασκευαστής απαιτείται να δημοσιοποιεί το πλήρες sysex format για κάθε νέα συσκευή, μέσα σε ένα χρόνο από την κυκλοφορία της. Αυτό σημαίνει ότι οποιοσδήποτε μπορεί να γράψει ένα νέο πρόγραμμα ή να εφεύρει ένα νέο controller που να αξιοποιεί τα Sysex μηνύματα οποιασδήποτε συσκευής.

### 10.1.2 Universal System Exclusive

Είναι υποκατηγορία των μηνυμάτων sysex με ειδική χρήση τα οποία στη θέση του Man ID έχουν την τιμή:

- 7D: Experimental, Non-commercial.
  - Για εσωτερική χρήση σε ακαδημαϊκά ιδρύματα και ερευνητικά ινστιτούτα, δεν χρησιμοποιούνται από τελικά προϊόντα
- 7E: Non-Real Time Universal
  - Sample Dump Standard, Tuning Standard
- 7F: Real Time Universal
  - MIDI Timecode, MIDI machine Control, MIDI Show Control

Προφανώς κι αυτά τα μηνύματα τερματίζονται με ένα EOX (F7).

Η αναλυτική μελέτη των Universal Exclusive μηνυμάτων είναι κάπως εξειδικευμένη και πέραν από τους στόχους του μαθήματος.

## 10.2 System Common Messages

Τα system common μηνύματα είναι η δεύτερη κατηγορία system μηνυμάτων που θα εξετάσουμε. Και αυτά χαρακτηρίζονται από το γεγονός ότι δεν έχουν αριθμό καναλιού και απευθύνονται σε όλο το σύστημα. Οι τιμές που παίρνουν τα μηνύματα αυτά είναι από F1H έως F6H όπως φαίνεται και στον Πίνακα 10-1.

### 10.2.1 MIDI Time Code Quarter Frame - MTC (0xF1)

Αυτό το MIDI μήνυμα χρησιμοποιείται γενικότερα για συγχρονισμό πολυμεσικών δεδομένων και εξοπλισμού και όχι μονάχα για MIDI. Είναι μία εναλλακτική μέθοδος του SMPTE time code συγχρονισμού, η οποία μπορεί να γίνει μέσω MIDI.

Ο SMPTE timecode είναι ένα πρότυπο που έχει ως στόχο να δώσει χρονοκώδικα σε πολυμεσικά δεδομένα με στοιχειώδη δομική μονάδα το video frame (καρέ). Ο SMPTE χρονοκώδικας αποτυπώνεται με 80 bit και έχει τη μορφή

hh:mm:ss:ff

όπου hh: hours, mm:minutes, ss:seconds, ff: frames

Γενικά στο video το frame rate, δηλαδή το πλήθος των καρέ που διέρχονται ανά δευτερόλεπτο εξαρτάται από το video format (π.χ. PAL, SECAM κ.λ.π.)

Σε αντιστοιχία με τον SMPTE χρονοκώδικα, ο MTC έχει τη σύνταξη:

11110001 (0xF1) 0nnndddd

nnn: προσδιορίζει τη μονάδα στην οποία αναφέρεται το dddd (π.χ. h, m, s, f)

dddd: η τιμή

Για να σταλεί όλο το SMPTE frame απαιτούνται 8 MTC μηνύματα (160bits = 16bytes x 10bits/byte). Σε πολλές περιπτώσεις ανάλογα με τον εξοπλισμό συμφέρει η χρήση του SMPTE. Παρόλαυτά, ο MTC είναι χρονοκώδικας που χρησιμοποιείται ευρέως σε στούντιο ηχογραφήσεων, λόγω της συνύπαρξης εξοπλισμού MIDI.

### 10.2.2 Song Position Pointer- SPP (0xF2)

Σκοπός του μηνύματος αυτού είναι να τοποθετεί τις MIDI συσκευές όπως για παράδειγμα τα sequencers και τα rhythm boxes, σε μια συγκεκριμένη θέση ενός κομματιού. Η σύνταξή του είναι:

11110010 (0xF2) 0xxxxxxx 0yyyyyyy

xxxxxxx: Τιμή του song pointer LSB

yyyyyyy: >> MSB

Ο SPP δεν είναι παρά ένας αριθμητής που αυξάνεται κατά μία μονάδα για κάθε MIDI beat, ξεκινώντας φυσικά από την αρχή του κομματιού. Από τη σχεδίαση του MIDI πρωτοκόλλου ένα MIDI beat αντιστοιχεί σε 6 Timing Clock μηνύματα που, όπως θα δούμε στη συνέχεια (10.3.1), ισοδυναμεί με χρονική αξία ενός δεκάτου-έκτου. Δηλαδή τα δύο data bytes του SPP μηνύματος δίνουν τον αριθμό των δεκάτων έκτων που έχουν παρέλθει από την έναρξη του κομματιού (MIDI Sequence). Με δύο data bytes που διαθέτει το μήνυμα αυτό μπορεί κανείς να περιγράψει 16384 δέκατα έκτα που αντιστοιχούν περίπου σε 35 λεπτά μουσικής σε ταχύτητα 120 (120 τέταρτα το λεπτό).

Ένα start – το οποίο είναι ένα μήνυμα της κατηγορίας System Realtime (βλέπε ενότητα 10.3.2) - ενεργοποιεί τον SPP που αρχίζει να μετρά αυξάνοντας μια μονάδα για κάθε 6 timing clock μηνύματα. Όταν έρθει ένα stop μήνυμα η τιμή του SPP αποθηκεύεται και αρχίζει να αυξάνεται από εκείνο το σημείο όταν έρθει ένα continue μήνυμα ή ξαναγίνεται 0 αν έρθει ένα stop μήνυμα.

### 10.2.3 Song Select (0xF3)

Το μήνυμα αυτό που όπως βλέπουμε αποτελείται από ένα status και ένα data byte έχει ως λειτουργία να επιλέγει έναν από τους 128 song αριθμούς σε ένα sequencer ή ένα rhythm box. Η σύνταξή του έχει ως εξής:

11110011 (0xF3) 0xxxxxxx

xxxxxxx: Song number

## 10.2.4 Tune Request (0xF6)

Το μήνυμα αυτό αποτελεί εξαίρεση για τα system common μηνύματα γιατί δεν ακολουθείται από data bytes. Εκπέμπεται προς τις αναλογικές γεννήτριες ήχου και είναι απαίτηση για να 'κουρδίσει' μια συσκευή τους ταλαντωτές τις. Η σύνταξή του έχει ως εξής:

11110110 (F6H)

## 10.3 SYSTEM REAL TIME ΜΗΝΥΜΑΤΑ

Όπως μπορεί να δει κανείς και από τον Πίνακα 10-1 τα **System Real Time** μηνύματα αποτελούνται από ένα status byte χωρίς καθόλου data bytes. Το status αυτό έχει τη μορφή:

11111xxx

xxx: Τιμές από 000 έως 111

Πρόκειται για μηνύματα που αποσκοπούν στο συγχρονισμό των συσκευών, αποστέλλονται κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους και η εκτέλεσή τους έχει προτεραιότητα έναντι άλλων μηνυμάτων.

Αποτελούνται από 1 byte (status), δηλαδή δεν συνοδεύονται από data bytes

Μπορούν να εκπεμφθούν οποιαδήποτε στιγμή ακόμα και στη μέση ενός άλλου μηνύματος. Μπορούν να εκπεμφθούν ακόμα και στη μέση ενός Running Status (άλλωστε ο RS buffer τα αγνοεί).

Όπως θα δούμε τα περισσότερα από τα μηνύματα αυτά χρησιμοποιούνται σε MIDI sequencers, είτε για να τους συγχρονίσουν σε κάποιο tempo είτε για να ενεργοποιήσουν/απενεργοποιήσουν την αναπαραγωγή ενός MIDI sequence. Σαν γενικό κανόνα μπορούμε να πούμε ότι κανένα system real time μήνυμα δεν πρέπει να καταγράφεται σε ένα sequencer. Φανταστείτε τη σύγχυση που θα προκληθεί κατά τη εκτέλεση ενός κομματιού από ένα sequencer αν μαζί με το timing code message που εκπέμπεται από αυτό υπάρχει και ένα δεύτερο καταγραμμένο.

### 10.3.1 Timing Clock Μηνύματα (0xF8)

Το μήνυμα αυτό έχει σκοπό να συγχρονίζει μία ή περισσότερες MIDI συσκευές στο ίδιο βασικό tempo. Στέλνεται από την βασική (master) συσκευή μετά από ένα Start ή Continue μηνύματα, σε κανονικά διαστήματα με ρυθμό 24<sup>ων</sup> μηνυμάτων ανά αξία τετάρτου. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι η συχνότητα εκπομπής του μηνύματος μεταβάλλεται με το tempo. Η μεταβολή δηλαδή της χρονικής διάρκειας της αξίας τετάρτου που μεταβάλλεται με την μείωση ή την αύξηση του tempo μεταβάλλει ανάλογα και τη συχνότητα μετάδοσης του μηνύματος timing clock.

Κάποιες συσκευές όταν είναι φυσικά σε master mode συνεχίζουν να εκπέμπουν timing clock μηνύματα ακόμα και αν δεν εκτελούν ένα κομμάτι. Αυτό διευκολύνει τη συσκευή να αναλύσει το tempo και να προετοιμασθεί ενώ περιμένει ένα start ή continue μήνυμα.

Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε τον αριθμό των time clock μηνυμάτων για συγκεκριμένες μουσικές αξίες.

<b><u>Μουσική Αξία</u></b>	<b><u>Αριθμός Μηνυμάτων</u></b>
Ολόκληρο Παρεστιγμένο	144
Ολόκληρο	96
Ολόκληρο Τρίηχο	64
Παρεστιγμένο Μισό	72
Μισό	48
Μισό Τρίηχο	32
Παρεστιγμένο Τέταρτο	36
Τέταρτο	24
Τέταρτο Τρίηχο	16
Όγδοο Παρεστιγμένο	18
Όγδοο	12
Όγδοο Τρίηχο	8
Δέκατο Έκτο Παρεστιγμένο	9
Δέκατο Έκτο	6

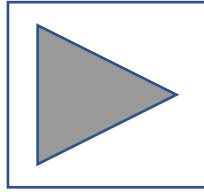
Η ταχύτητα που δίνουμε με έναν αριθμό κατά την εκτέλεση ενός 'κομματιού' πχ. 160, στην ουσία είναι η ταχύτητα του μετρονόμου που μετρά τον αριθμό των τετάρτων ανά λεπτό. Έτσι για την ταχύτητα 160 έχουμε στην ουσία 160 αξίες τετάρτου σε ένα λεπτό έτσι μπορούμε να υπολογίσουμε την χρονική διάρκεια μιας αξίας τετάρτου για αυτήν την ταχύτητα (0.375sec) και επομένως την συχνότητα εκπομπής των time clock μηνυμάτων.

### **10.3.2 Start Μηνύματα (0xFA)**

Πρόκειται για το μήνυμα που στέλνεται από μια master συσκευή, για να θέσει μια ή περισσότερες slave συσκευές σε διαδικασία ανάγνωσης των μηνυμάτων εκτέλεσης ενός MIDI κομματιού. Πρέπει να στέλνεται όχι μαζί με το πρώτο Time Clock μήνυμα αλλά τουλάχιστον 1 msec νωρίτερα έτσι ώστε η slave συσκευή να προλαβαίνουν να αντιδράσουν.

### **10.3.3 Continue Μηνύματα (0xFB)**

Όταν πιέσουμε το πλήκτρο continue τότε η master συσκευή στέλνει το παραπάνω μήνυμα σε όλες τις slave. Στα περισσότερα sequencers το πλήκτρο Start & Continue είναι ουσιαστικά το ίδιο και έχει τη μορφή που φαίνεται παρακάτω.



Σχήμα 10-1: Η μορφή ενός start/continue button.

Έτσι με αυτό το πλήκτρο όταν η αναπαραγωγή ξεκινά από την αρχή εκπέμπεται ένα start μήνυμα ενώ όταν ξεκινά από ένα οποιοδήποτε άλλο σημείο εκπέμπεται ένα continue μήνυμα.

Η slave συσκευή περιμένει ένα MIDI clock μήνυμα για να συγχρονιστεί με τις υπόλοιπες και να ξεκινήσουν όλες μαζί από το σημείο που είχαν σταματήσει.

### 10.3.4 Stop Μηνύματα (0xFC)

Όταν ασκηθεί μια πίεση στο πλήκτρο stop μιας master συσκευής τότε εκπέμπεται το παραπάνω μήνυμα. Όλες οι Slave συσκευές τότε πρέπει να σταματήσουν φορτώνοντας στη μνήμη τους την θέση που είχαν (στην εκτέλεση του κομματιού). Η τρέχουσα θέση αποθηκεύεται και από την master συσκευή η οποία είναι σε θέση να επανεκκινήσει τις slave συσκευές στέλνοντας ένα Continue μήνυμα. Ταυτόχρονα όπως είχαμε προαναφέρει η master συσκευή στέλνει και ένα note off μήνυμα για κάθε νότα που εκτελείται εκείνη τη χρονική στιγμή. Είναι προφανές ότι ένα μήνυμα All notes off όπως είδαμε στα channel mode messages θα ήταν πιο κατάλληλο ωστόσο δεν αναγνωρίζεται από κάποιες συσκευές.

### 10.3.5 Active Sensing (0xFE)

Είναι ένα προαιρετικό μήνυμα που μπορεί να ενεργοποιηθεί και να απενεργοποιηθεί και έχει σαν σκοπό να δείχνει την καλή λειτουργία της MIDI διασύνδεσης. Στέλνεται από τον 'εκπομπό' στο δέκτη με μια μέγιστη περιοδικότητα 300 millisecond όταν κανένα άλλο MIDI μήνυμα δεν εκπέμπεται. Αν ο δέκτης αναγνωρίζει το Active Sensing τότε λαμβάνοντας το πρώτο τέτοιο μήνυμα αυτόματα περιμένει να λάβει και τα επόμενα σε μια εύλογη περίοδο κάτω από 300 msec όταν φυσικά δεν λαμβάνει άλλο μήνυμα. Αν αυτό δε συμβεί τότε σταματά όλες τις νότες που εκτελούνται και επιστρέφει στο εσωτερικό mode λειτουργίας.

Το μήνυμα αυτό βρίσκει εφαρμογή σε περιπτώσεις που συμβαίνει αντικανονική αποσύνδεση των mid καλωδίων.

### 10.3.6 System Reset (0xFF)

Το μήνυμα αυτό δεν το συναντούμε συχνά στις εφαρμογές μας και πρέπει να χρησιμοποιείται με ιδιαίτερη προσοχή. Για την ακρίβεια πρέπει να το χειριζόμαστε με εξαιρετικά μεγάλη προσοχή και σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να μεταδίδεται διαμέσου μιας MIDI THRU θύρας σε ολόκληρη τη MIDI διασύνδεση. Η μεγάλη αυτή προσοχή επιβάλλεται από την μεγάλη επίδραση που έχει το μήνυμα αυτό. Στην ουσία έτσι επαναφέρουμε μια συσκευή στην αρχική της κατάσταση διαγράφοντας κάθε ρύθμιση και διακόπτοντας κάθε λειτουργία. Πιο αναλυτικά με τη λήψη ενός System Reset μηνύματος μια MIDI συσκευή αναγκάζεται να κάνει τα ακόλουθα:

- ✓ Θέτει τη συσκευή στο Mode 1 (Omni On. Poly)

- ✓ Θέτει τη συσκευή σε κατάσταση Local On
- ✓ Σταματά την αναπαραγωγή όλων των ήχων
- ✓ Μηδενίζει όλους τους controllers
- ✓ Θέτει τον Song Position Pointer (SPP) στη θέση μηδέν
- ✓ Σταματά την εκτέλεση σε Sequencers & Rhythm Boxes
- ✓ Καθαρίζει το Running Status Buffer
- ✓ Και θέτει όλες τις παραμέτρους που αφορούν το σύστημα και τους ήχους στις τιμές που είχαν όταν αυτή ενεργοποιήθηκε.

## 10.4 ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Πόσα και ποια είναι τα system real time μηνύματα;
2. Ποια είναι τα μηνύματα συγχρονισμού και τι σημαίνει όταν λέμε ότι αυτό το κομμάτι έχει ταχύτητα 100;
3. Ποια ονομάζουμε System Common μηνύματα και ποια η βασική διαφορά τους από τα System Real Time μηνύματα;
4. Ποια η σημασία των System Exclusive μηνυμάτων; Περιγράψτε το format τους. Τι είναι ο ID code;

---

## 11 ΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ

---

- [1] "Tutorial: History of MIDI". [http://www.MIDI.org/aboutMIDI/tut\\_history.php](http://www.MIDI.org/aboutMIDI/tut_history.php) (15 Σεπτεμβρίου, 2011)
- [2] "Tech Specs & Info". <http://www.MIDI.org/techspecs/index.php> (22 Σεπτεμβρίου, 2011)
- [3] "MIDI channels, voices, timbres and Modes by Phil Rees". <http://www.philrees.co.uk/articles/midimode.htm> (11 Νοεμβρίου, 2011)
- [4] "MIDI Technical Fanatic's Brainwashing Center". <http://www.blitter.com/~russtopia/MIDI/~jglatt/> (11 Νοεμβρίου, 2011)

## **12 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

---

### **1. The Musician's Guide to MIDI**

*Cristian Braut (SYBEX)*

### **2. MIDI for the professional**

*Paul D. Lehrman & Tim Tully (AMSCO)*

### **3. Sound Reinforcement Handbook**

*Gary Davis & Ralph Jones (YAMAHA-Hal Leonard corporation)*

### **4. Ψηφιακή Σχεδίαση**

*Morris Mano (TEE)*

### **5. Yamaha MU90R & DX7**

*Owner's Manual*

### **6. Korg M1 & Roland SC55**

*Owner's Manual*