



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικό και Καποδιστριακό
Πανεπιστήμιο Αθηνών

Εισαγωγή στη Μουσική Τεχνολογία

Ενότητα: Το MIDI Διασυνδεδετικό (MIDI Interface)

Αναστασία Γεωργάκη

Τμήμα Μουσικών Σπουδών

Περιεχόμενα

3.	Το MIDI Διασυνδεδετικό (MIDI Interface).....	3
3.1	Δομή του πρωτοκόλλου MIDI	3
3.2	Λειτουργία του διασυνδεδετικού MIDI	4
3.3	3.3. Θύρες MIDI	5
3.4	Υλισμική λειτουργία του διασυνδεδετικού MIDI	6
3.5	Ο κώδικας του λογισμικού MIDI	6
3.6	Τύποι MIDI μηνυμάτων.....	7
3.7	Μηνύματα καναλιών (channel messages).....	7

3. Το MIDI Διασυνδετικό (MIDI Interface)

Το 1984, έγινε ένα σημαντικό βήμα προς την βιομηχανική προσέγγιση και επικοινωνία των ψηφιακών συνθεσάιζερ και των υπολογιστών με την ανάπτυξη του MIDI (Musical Instrument Digital Interface)¹: όργανα που έχουν κατασκευαστεί από διαφορετικές εταιρείες μπορούν να τεθούν σε επικοινωνία μεταξύ τους βελτιώνοντας τον ηχητικό έλεγχο στην επιλογή ηχοχρωμάτων, την αυξομείωση δυναμικής και πολλές άλλες παραμέτρους. κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης².

Η πρώτη ιδέα για μια ψηφιακής μορφής τυποποιημένης επικοινωνίας, που να επιτρέπει την συμβατότητα μεταξύ των οργάνων διαφόρων κατασκευαστών προτάθηκε από τους Dave Smith και Chet Wood στην εβδομηκοστή συνάντηση της AES (Audio Engineering Society) το Νοέμβριο του 1981. Μέχρι το τέλος του 1982, το όνομα άλλαξε από USI σε MIDI (Musical Instrument Digital Interface) και οι περισσότεροι μεγάλοι κατασκευαστές ηλεκτρονικών μουσικών οργάνων συμφώνησαν για τα τεχνικά χαρακτηριστικά του.

Με την διαμεσολάβηση του MIDI είναι δυνατό να αποκτήσουμε τον έλεγχο της εξόδου δύο ή περισσότερων συνθεσάιζερ χρησιμοποιώντας μόνο ένα Keyboard. Άλλες εφαρμογές του MIDI περιλαμβάνουν σύνδεση με υπολογιστές για τον έλεγχο πολλών συνθεσάιζερ μέσα από ειδικά προγράμματα κτλ.

Μετά την σύντομη εισαγωγή στις πολυποικίλες εφαρμογές της τεχνολογίας στην μουσική, σε αυτό το κεφάλαιο θα ασχοληθούμε με την υλισμική οργάνωση ενός προσωπικού Studio για την παραγωγή έργων μουσικής από την πιο απλή μέχρι την πιο σύνθετη εφαρμογή.

3.1 Δομή του πρωτοκόλλου MIDI

Το διασυνδετικό MIDI αποτελείται από το πρωτόκολλο επικοινωνίας του (Software) και το υλικό μέρος (hardware). Το πρώτο περιέχει το σύνολο των εντολών που χρειάζονται για τη λεπτομερή περιγραφή της διάρθρωσης μιας μουσικής εκτέλεσης (MIDI language), ενώ το δεύτερο περιγράφει τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των κυκλωμάτων που παράγουν και ερμηνεύουν την MIDI πληροφόρηση και προσδιορίζουν τον τύπο των συνθετών και το είδος των καλωδίων που πρέπει να χρησιμοποιηθούν.

Οι πρώτες χρήσεις του MIDI αφορούσαν την σύνδεση δύο συνθετητών για την δημιουργία ενός νέου πιο σύνθετου ήχου.

Πριν την παρουσία της γλώσσας MIDI, οι παραγωγοί της εποχής στην προσπάθεια τους να δημιουργήσουν εντυπωσιακά ηχοχρώματα, ηχογραφούσαν στα κανάλια της ταινίας πολλές

¹ Διασυνδετικό ψηφιακών Μουσικών οργάνων.

² Αυτά τα πρώτα, απλά συνήθως, συστήματα επικοινωνίας μετέφεραν δυο σήματα από το "μητρικό" όργανο προς το "θυγατρικό". Με τον όρο "μητρικό" υποδηλώνεται το όργανο το οποίο ελέγχεται άμεσα από τον εκτελεστή ενώ με τον όρο "θυγατρικό" υποδηλώνεται το όργανο που επιδιώκεται να ελεγχθεί έμμεσα. Τα δύο σήματα αυτά ήταν : ένας παλμός πύλης και μια τάση ελέγχου. Ο παλμός πύλης πληροφορούσε το "θυγατρικό", τότε ένα πλήκτρο του "μητρικού" ήταν ενεργοποιημένο και τότε απενεργοποιημένο. Η τάση ελέγχου (control voltage) ήταν ενδεικτική του τονικού ύψους της νότας που παιζόταν στο "μητρικό". Αυτός όμως ο τρόπος επικοινωνίας δεν μπορούσε να εφαρμοστεί για πολυφωνικά synthesizers. Αυτό είναι ευνόητο γιατί αν το "μητρικό" έστελνε για κάθε ενεργοποιημένο πλήκτρο από μία τάση ελέγχου κι έναν παλμό πύλης, το "θυγατρικό" θα αδυνατούσε να καταλάβει το ποιος παλμός αντιστοιχεί σε κάθε τάση. Επιπλέον δεν υπήρχε συμβατότητα ως προς τα μοντέλα των διαφόρων κατασκευαστών. Επίσης υπήρχαν προβλήματα συγχρονισμού των sequencers και των drum machines διαφορετικών κατασκευαστών. Κατόπιν με την εισαγωγή των μικροεπεξεργαστών στα όργανα, δημιουργήθηκαν άλλα υβριδικά συστήματα επικοινωνίας αλλά και αυτά δεν κατάφεραν να λύσουν τα υπάρχοντα προβλήματα, κυρίως σχετικά με την συμβατότητα.

εκτελέσεις της ίδιας μελωδίας και φράσης, χρησιμοποιώντας τους ήχους ενός ή περισσότερων συνθετητών.

3.2 Λειτουργία του διασυνδεδετικού MIDI

Το υλισμικό μέρος του MIDI διασυνδεδετικού εξασφαλίζει την συμβατότητα μεταξύ των περιφερειακών συσκευών και του υπολογιστή μέσα στο μουσικό σύστημα, χρησιμοποιώντας ένα τρόπο επικοινωνίας που είναι γνωστός ως *asynchronous communication*. Κατ' αυτό το τρόπο επικοινωνίας δεδομένων, ο αποστολέας στέλνει τις πληροφορίες σε σειρά, ζητώντας από τον αποδέκτη να συγχρονιστεί μαζί του κατά την λήψη του μηνύματος. Σε ένα ασύγχρονο διασυνδεδετικό το ρολόι το αποστολέα και του αποδέκτη της πληροφορίας πρέπει να λειτουργούν με την ίδια συχνότητα προκειμένου να αποφύγουμε την απώλεια της επιμέρους πληροφορίας.

Πιο συγκεκριμένα το υλισμικό μέρος του MIDI διασυνδεδετικού είναι :

- Ψηφιακό.
- Σειριακό. Η πληροφορία μεταδίδεται ανά ένα bit την φορά.
- Διπλής κατεύθυνσης. Υπάρχει η δυνατότητα διακίνησης πληροφορίας και στις δύο κατευθύνσεις.

Επειδή η πληροφορία μεταδίδεται σαν σειρές αριθμών που κωδικοποιούνται από τον πομπό και αποκωδικοποιούνται και μεταφράζονται από τον δέκτη, πρέπει κάθε σύστημα που είναι εφοδιασμένο με MIDI να έχει λειτουργικό σύστημα βασισμένο σε μικροεπεξεργαστή.

Ένα σύστημα εφοδιασμένο με MIDI πρέπει να έχει μια θύρα MIDI IN, μια θύρα MIDI OUT και μια θύρα MIDI THRU τις περισσότερες φορές. Από τη θύρα MIDI IN, το σύστημα μπορεί να λάβει δεδομένα. Από τη θύρα MIDI OUT εξέρχονται οι πληροφορίες που στέλνει το ίδιο το σύστημα. Από τη θύρα MIDI THRU εξέρχεται μια αναπαράσταση του σήματος που υπάρχει στη θύρα MIDI IN, για να μπορεί να τροφοδοτηθεί με τις ίδιες πληροφορίες και κάποια άλλη MIDI συσκευή. Οι θύρες του MIDI είναι θηλυκό standard 5-pin DIN



Εικόνα 1 Τύπος πενταπολικού καλωδίου MIDI

Το κύκλωμα του MIDI συνδέεται με τον μικροεπεξεργαστή μέσω ενός περιφερειακού UART (Universal Asynchronous Receiver - Transmitter) ή ενός παρόμοιου λογικού κυκλώματος που μπορεί να χειριστεί σειριακά δεδομένα.

Οι πληροφορίες σε ένα MIDI διασυνδεδετικό σύστημα διαδίδονται με ταχύτητα 31.25 Kbps, ταχύτητα μεταφοράς των μουσικών πληροφοριών από το ένα όργανο στο άλλο, αρκετά γρήγορη για την αντίληψη μας (σε πραγματικό χρόνο) .

Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα σε ένα δευτερόλεπτο μπορούν να μεταδοθούν περί τα 1000-1500 μουσικά μηνύματα.

3.3 3.3. Θύρες MIDI

Το διασυνδεδεμένο MIDI διαθέτει τριών ειδών συνδέτες όπως αναφέραμε και παραπάνω:

- MIDI OUT απ' όπου μεταδίδονται πληροφορίες που παράγονται από την μουσική εκτέλεση ενός συνθετητή
- MIDI IN, απ' όπου ένα μηχάνημα δέχεται την πληροφόρηση που μεταδίδουν άλλα όργανα ή περιφερειακά
- MIDI THRU, απ' όπου έχουμε την δυνατότητα σύνδεσης σε σειρά περισσότερων των δύο μηχανημάτων

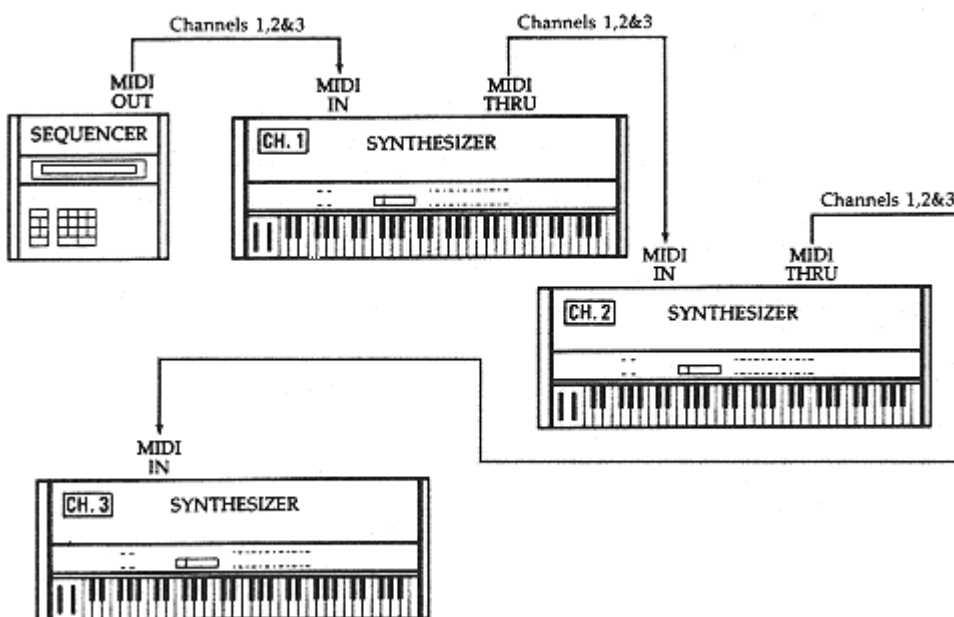
Πιο αναλυτικά για τις θύρες:

MIDI OUT: Από τη θύρα αυτή και σε εξάρτηση με τις δυνατότητες του οργάνου ή του περιφερειακού που χρησιμοποιούμε, μεταδίδονται οι πληροφορίες που παράγονται από:

- α. Τη μουσική εκτέλεση στο κλαβιέ ή σε άλλο μηχανισμό εκτέλεσης που χρησιμοποιούμε (π.χ., κιθάρα MIDI ή κρουστά MIDI).
- β. Την κίνηση των μοχλών, ποτενσιόμετρων και διακοπών που διαθέτει.
- γ. Το πάτημα των συνδεδεμένων σε αυτό πεντάλ ή ποδοκίνητων διακοπών.
- δ. Την εντολή μεταφοράς των δεδομένων που βρίσκονται αποθηκευμένα στη μνήμη του.

MIDI IN: Στη θύρα αυτή ένα ηλεκτρονικό μουσικό όργανο ή περιφερειακό δέχεται την πληροφόρηση που του μεταδίδουν άλλα όργανα ή περιφερειακά.

MIDI THRU: Οι πληροφορίες που εμφανίζονται στη θύρα αυτή αποτελούν ένα ακριβές αντίγραφο των πληροφοριών που εμφανίζονται στη θύρα MIDI IN, επιτρέποντας έτσι τη διακίνηση της πληροφόρησης και στον επόμενο συνδεδεμένο αποδέκτη.



Εικόνα 2 MIDI Thru σύνδεση ελεγκτή και «σκλάβου» συσκευής

3.4 Υλισμική λειτουργία του διασυνδεδετικού MIDI

Στους σύγχρονους υπολογιστές οι κάρτες ήχου PCI ,διαθέτουν ενσωματωμένο MIDI (μιά είσοδο/έξοδο MIDI). Η επικοινωνία του υπολογιστή με το MIDI διασυνδεδετικό προϋποθέτει το κατάλληλο πρόγραμμα οδήγησης του MIDI (MIDI driver) .

Αν δεν υπάρχει ενσωματωμένο διασυνδεδετικό στην κάρτα ήχου τότε συνδέουμε μια εξωτερική MIDI συσκευή (που μπορεί να έχει μία από τις παρακάτω μορφές, όπως στην εικ.6) σε μια από τις θύρες του υπολογιστή (σειριακή , παράλληλη, USB) με το καλώδιο που παρέχει ο κατασκευαστής του.

Τα εξωτερικά διασυνδεδετικά MIDI χωρίζονται σε απλά και πολυκαλωδιακά:

- τα απλά περιορίζουν την διακίνηση της πληροφορίας σε 16 κανάλια
- τα πολυκαλωδιακά επιτρέπουν την διακίνηση της πληροφορίας σε πολλά MIDI κανάλια μέσω των ανεξάρτητων θυρών που περιέχουν.



Εικόνα 3 MIDI διασυνδεδετικό σε USB

3.5 Ο κώδικας του λογισμικού MIDI

Το MIDI διακινεί τα δεδομένα του σε λέξεις των 10 bits. Από αυτά το πρώτο (start bit) είναι πάντα 0, το τελευταίο (stop bit) είναι πάλι 0, ενώ τα ενδιάμεσα 8 bits είναι η πληροφορία. τα start bit και stop bit απλώς οριοθετούν τα δεδομένα και δε μεταφέρουν από μόνα τους καμιά πληροφορία.

Αυτά χρειάζονται γιατί η μετάδοση είναι ασύγχρονη. Δηλαδή ο μικροεπεξεργαστής του δέκτη δεν είναι συγχρονισμένος με τον πομπό, για να μπορεί να δεχτεί αμέσως τα δεδομένα. Έτσι πρέπει να υπάρχει κάποιος τρόπος για να καταλαβαίνει την αρχή και το τέλος κάθε λέξης που πρόκειται να δεχτεί. Αυτόν τον σκοπό εξυπηρετούν τα start και stop bits.

Μια λέξη για να μεταδοθεί ολόκληρη χρειάζεται περίπου 320 microseconds

Από εδώ και στο εξής, όταν θα αναφερόμαστε σε MIDI δεδομένα, θα εννοούμε μόνο τα 8 bits που μεταφέρουν πληροφορία.

Υπάρχουν κύρια δύο τύποι λέξεων (bytes) :

- Τα status bytes
- Τα data bytes.

Από αυτά τα **data bytes** περιέχουν την αριθμητική τιμή μιας φυσικής οντότητας (π.χ. ποια είναι η θέση ενός χειριστηρίου πάνω στο όργανο ή ποιο πλήκτρο ενεργοποιήθηκε), ενώ τα status bytes παίζουν το ρόλο της διεύθυνσης για τα data bytes που ακολουθούν (π.χ. για το γεγονός ότι ενεργοποιήθηκε κάποιο πλήκτρο) ή ορίζουν καταστάσεις του συστήματος ή γεγονότα που δεν μπορούν να σχετιστούν με αριθμητικές τιμές. Το πρώτο bit ενός status byte είναι πάντα '1', ενώ το πρώτο bit ενός data byte είναι πάντα '0'.

Τα status bytes είναι πάντα της μορφής '1aaabbbb'. Το αρχικό bit είναι πάντα '1'. Τα επόμενα τρία bits 'aaa' δηλώνουν τον τύπο του status byte. Αν 'aaa' = '111', τότε αυτό είναι ένα system message και τα bits 'bbbb' επεξηγούν το είδος του μηνύματος αναλυτικότερα. Διαφορετικά το μήνυμα είναι channel message και τα 'bbbb' καθορίζουν σε ποιο κανάλι από τα 16 απευθύνεται η πληροφορία.

Ένα MIDI μήνυμα συνίσταται από ένα status byte που ακολουθείται από κανένα ή ένα ή δύο data bytes. Το πρωτόκολλο του MIDI καθορίζει επακριβώς τους κανόνες σχετικά με το πόσα data bytes ακολουθούν ένα συγκεκριμένο status.

Εξαίρεση αποτελεί μόνο το σύστημα **System Exclusive**, στο οποίο έχει δικαίωμα ο κατασκευαστής του μοντέλου να ορίσει τον αριθμό των data bytes που θα ακολουθήσουν.

3.6 Τύποι MIDI μηνυμάτων

Όπως ήδη αναφέραμε μέσω της εξόδου MIDI THRU είναι δυνατόν να συνδεθούν και άλλα όργανα στο σύστημα. Έτσι πολλές φορές είναι χρήσιμο να απευθυνόμαστε σε καθένα απ' αυτά ξεχωριστά.

Το MIDI μας δίνει την δυνατότητα αυτή γιατί μπορεί να διακινεί πληροφορίες σε ανεξάρτητα μεταξύ τους κανάλια. Ο μέγιστος αριθμός καναλιών που υποστηρίζει το πρωτόκολλο είναι 16. Ο αριθμός αυτός την εποχή εκείνη ήταν αρκετός για τις διάφορες εφαρμογές αλλά σήμερα, που τα όργανα έχουν μεγαλύτερες δυνατότητες, τείνει να γίνει περιοριστικός. Τα κανάλια αυτά θα πρέπει να θεωρηθούν σαν διευθύνσεις αποστολής μηνυμάτων περισσότερο, παρά σαν ξεχωριστά μέρη του κυκλώματος. Μ' αυτόν τον τρόπο, ένα MIDI μήνυμα μπορεί να ληφθεί είτε απ' όλα τα όργανα που είναι συνδεδεμένα είτε απ' αυτά που έχουν προγραμματιστεί να δέχονται σε ένα συγκεκριμένο κανάλι.

Για την επικοινωνία των διαφορετικών μουσικών οργάνων και του υπολογιστή, το πρωτόκολλο επικοινωνίας MIDI διαθέτει 16 MIDI κανάλια.

Τα μηνύματα της γλώσσας MIDI χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες::

Channel messages : μηνύματα που απευθύνονται σε συγκεκριμένους αποδέκτες και χωρίζονται με την σειρά τους σε δύο κατηγορίες : channel voice messages και Channel mode messages.

System Messages : Τα μηνύματα αυτά αναφέρονται σε όλο το σύστημα και χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες:: system common messages, system real time messages και system exclusive messages

3.7 Μηνύματα καναλιών (channel messages)

Αυτά χωρίζονται σε δύο τύπους : τα channel voice μηνύματα και τα channel mode μηνύματα. Τα channel voice μηνύματα μεταφέρουν πληροφορίες που είναι σχετικές με τις φωνές των synthesizers. Τα channel mode μηνύματα επηρεάζουν τον τρόπο λειτουργίας των οργάνων όσον αφορά των χειρισμό των καναλιών.

α. Μηνύματα channel voice

Note on : Η εντολή αυτή στέλνεται όταν πατηθεί ένα πλήκτρο από ένα πληκτρολόγιο μορφής πιάνου. Η δομή της είναι :

1001bbbb 0kkkkkkk 0nnnnnnn

όπου το '1001' δηλώνει την ταυτότητα του μηνύματος. Τα bits 'bbbb' δηλώνουν το κανάλι στο οποίο απευθύνεται η πληροφορία. Η τιμή του πρώτου data byte καθορίζει ποια νότα έχει πατηθεί. Οι νότες

αριθμούνται από τις χαμηλότερες στις ψηλότερες, αντιστοιχώντας ένα αριθμό σε κάθε πλήκτρο, με το μεσαίο "ντο" να είναι ο αριθμός 60.

Η τιμή του δεύτερου data byte καθορίζει την ταχύτητα με την οποία πατήθηκε το συγκεκριμένο πλήκτρο. Αυτή η ταχύτητα αντιστοιχεί στη δυναμική της νότας. Η δυναμική περιοχή που χρησιμοποιείται στη μουσική (από ppp - πολύ απαλά μέχρι fff - πολύ δυνατά), είναι περίπου 20 με 30dB και αντιστοιχούν στις τιμές 1 μέχρι 127. Η ταχύτητα μετριέται από τον χρόνο που κάνει το πλήκτρο από την στιγμή που πατιέται και φεύγει από την θέση ισορροπίας, μέχρι την στιγμή που φτάνει στο τέλος της διαδρομής. Τυπικοί χρόνοι γι ' αυτό είναι περίπου 40ms για απαλό χτύπημα και περίπου 5ms για ένα δυνατό χτύπημα. Τα πληκτρολόγια που δεν είναι ευαίσθητα στην ταχύτητα, στέλνουν πάντα την τιμή 64 για το δεύτερο data byte. Το εύρος της δυναμικής εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό και από την μηχανική σχεδίαση του πληκτρολογίου. Η ταχύτητα αυτή εκτός από το να επηρεάζει την ένταση της νότας, χρησιμοποιείται και για να καθορίζει πολλές φορές την λαμπρότητα του ήχου ή την φάση εισαγωγής (attack) του ήχου.

Για παράδειγμα ας εξετάσουμε το μήνυμα :

```
10010001 00111100 01111000
```

βλέπουμε ότι το μήνυμα αυτό είναι Note on, απευθύνεται στο 2ο κανάλι (η μέτρηση γίνεται από 0 μέχρι 15), η νότα είναι η μεσαία "ντο" που αντιστοιχεί στον αριθμό 60 και η ταχύτητα είναι 120.

Note off : Η εντολή αυτή στέλνεται όταν ένα πλήκτρο απενεργοποιηθεί. Η δομή του είναι :

```
1000bbbb 0kkkkkkk 0nnnnnnv
```

όπου '1000' η ταυτότητα του μηνύματος, 'bbbb' το κανάλι στο οποίο απευθύνεται το μήνυμα, 'kkkkkkk' ποια νότα απενεργοποιήθηκε (ορίζεται όπως και στο προηγούμενο μήνυμα) και 'nnnnnnv' η τιμή της ταχύτητας απενεργοποίησης. Η ταχύτητα απενεργοποίησης του πλήκτρου μπορεί να ελέγχει συνήθως τη μεταβολή της χροιάς ή το χρόνο αποδέσμευσης (release) της νότας. Ο χρόνος αποδέσμευσης ορίζεται σαν τον χρόνο που χρειάζεται για να σβήσει η νότα από την στιγμή που το πλήκτρο απενεργοποιείται. Λίγα όργανα ανταποκρίνονται στην ταχύτητα απενεργοποίησης. Επίσης σαν Note off μπορεί να λειτουργήσει και ένα μήνυμα Note on αλλά με ταχύτητα 0.

Polyphonic key pressure : Αυτό το μήνυμα στέλνει πληροφορίες σχετικά με το πόσο δυνατά πιέζεται ένα ήδη ενεργοποιημένο πλήκτρο. Η δομή του είναι :

```
1010bbbb 0kkkkkkk 0ppppppp
```

όπου το 1010 δηλώνει την ταυτότητα του μηνύματος, τα bbbb το MIDI κανάλι, τα kkkkkkk το πλήκτρο και τα pppppppp τη δύναμη με την οποία πιέζεται το πλήκτρο εκείνη την στιγμή. Η διαφορά αυτού του μηνύματος από τα προηγούμενα δύο που αναφέρθηκαν είναι ότι η Note on και η Note off ταχύτητα στέλνονται μόνο όταν πατηθεί ή αφεθεί το πλήκτρο άπαξ ενώ στην συγκεκριμένη περίπτωση όταν το πλήκτρο κρατιέται πατημένο. Είναι μια συνεχώς μεταβαλλόμενη παράμετρος που πρέπει να στέλνεται αρκετές φορές το δευτερόλεπτο. Ο ρυθμός με τον οποίο πρέπει να στέλνεται αυτή η πληροφορία δεν καθορίζεται από το πρωτόκολλο του MIDI. Ο κατασκευαστής καθορίζει τον ρυθμό μετάδοσης, αφού λάβει υπ' όψη του το πόσο γρήγορα ελέγχονται οι αισθητήρες δυναμικής του πληκτρολογίου, πόσο χρόνο έχει διαθέσιμο ο μικροεπεξεργαστής, ποια είναι η διακριτικότητα των αισθητήρων και το πόσο γρήγορα αλλάζει η δύναμη με την οποία ο εκτελεστής πιέζει το πλήκτρο.

Program change : Τα synthesizers στην πορεία της εξέλιξής τους ενσωμάτωσαν μικροεπεξεργαστές για να έχουν την δυνατότητα να αποθηκεύουν τις ρυθμίσεις των παραμέτρων που αποτελούν κάθε ήχο. Κάθε τέτοιο σύνολο ρυθμίσεων το ονομάζουμε πρόγραμμα. Το MIDI με το μήνυμα program change μπορεί να στείλει εντολή σ' ένα όργανο ν' αλλάξει ήχο (πρόγραμμα). η δομή του είναι ως εξής:

1100bbbb 0nnnnnnn

όπου 1100 η ταυτότητα του μηνύματος, bbbb το κανάλι που απευθύνεται και nnnnnnn το νέο πρόγραμμα που επιλέχθηκε. Με αυτή την εντολή είναι δυνατόν να επιλέξουμε ανάμεσα από 128 προγράμματα. Ο αριθμός αυτός φαίνεται μεγάλος εκ πρώτης όψεως αλλά με τις σημερινές δυνατότητες των οργάνων τείνει να γίνει περιοριστικός. (Ο περιορισμός αυτός ξεπερνιέται όταν προηγείται μια εντολή Bank Select).

Channel pressure (aftertouch) : Το μήνυμα polyphonic key pressure που περιγράψαμε προηγουμένως αναφερόταν στη δύναμη με την οποία πιεζόταν από τον εκτελεστή κάθε ενεργοποιημένο πλήκτρο. Αντίθετα το μήνυμα channel pressure αναφέρεται σ' ένα σήμα ελέγχου συνεχώς μεταβαλλόμενο που αφορά ένα συγκεκριμένο κανάλι. Συνήθως αυτό το μήνυμα στέλνεται από πληκτρολόγια εφοδιασμένα μ' έναν μόνο αισθητήρα για τη δυναμική. Η τιμή που παίρνει το σήμα ελέγχου είναι ο μέσος όρος της δυναμικής απ' όλα τα ενεργοποιημένα πλήκτρα. Η δομή του είναι :

1101bbbb 0nnnnnnn

όπου 1101 η ταυτότητα του μηνύματος, bbbb το κανάλι που απευθύνεται και nnnnnn η νέα τιμή της παραμέτρου. Η τιμή αυτή χρησιμοποιείται συχνά για να καθορίσει παραμέτρους χαμηλής διακριτότητας, που αφορούν συνολικά τον ήχο και όχι κάθε νότα χωριστά. Τέτοιες παράμετροι μπορεί να είναι η συνολική ένταση ή η λαμπρότητα του ήχου.

Pitch bend change : Με το μήνυμα αυτό μεταφέρεται η πληροφορία της θέσης του χειριστηρίου μεταβολής του ύψους (Pitch bender). είναι επίσης ένα συνεχώς μεταβαλλόμενο σήμα ελέγχου. Το μήνυμα αυτό αρχίζει να στέλνεται εφ' όσον το χειριστήριο ξεφύγει από την αρχική κεντρική θέση (π.χ. όταν αρχίζει να "σηκώνει" τη νότα). Η δομή του είναι :

1110bbbb 0nnnnnnn 0xxxxxxx

όπου 1101 η ταυτότητα του μηνύματος και bbbb το κανάλι που απευθύνεται. Η διακριτότητα που έχει αυτό το μήνυμα είναι 14bits. Αυτή χρειάζεται γιατί αν ήταν μικρότερη ίσως να γινόταν αντιληπτές οι κβαντισμένες μεταβολές του ύψους. Έτσι τα nnnnnn είναι τα 7 μεγαλύτερης σημαντικότητας ψηφία (MSB) ενώ τα xxxxxx τα 7 μικρότερης σημαντικότητας ψηφία (LSB).

Control change : Εκτός από τις πληροφορίες που προέρχονται από τα μηνύματα που περιεγράφηκαν παραπάνω, όλα τα υπόλοιπα που αφορούν εντολές για μεταβολές παραμέτρων λειτουργίας στέλνονται σαν μηνύματα ελέγχου. Η δομή τους είναι :

1011bbbb 0ccccccc 0nnnnnnn

όπου 1011 η ταυτότητα του σήματος και bbbb το κανάλι στο οποίο απευθύνεται. Τα ccccccc ορίζουν το χειριστήριο ή το διακόπτη που επιλέγεται και τα nnnnnn τη νέα τιμή τους.

Ο αριθμός ccccccc περιορίζεται σε τιμές από 0 μέχρι 97. Οι αριθμοί 98 - 121 έχουν φυλαχθεί για μελλοντική επέκταση. Οι αριθμοί 122 -127 αναφέρονται για άλλο είδος μηνύματος που θα συζητηθεί αργότερα. Όσον αφορά το MIDI τα μηνύματα ελέγχου αναφέρονται είτε σε χειριστήρια που οι τιμές

τους μεταβάλλονται συνεχώς (όπως ένα περιστροφικό ποτενσιόμετρο ή η κίνηση σε έναν άξονα ενός μοχλού) ή σε απλούς διακόπτες δύο θέσεων. Εφ' όσον ο αριθμός νννννν είναι 7 bits, κάθε μήνυμα control change στέλνει μια ρύθμιση από τις 128 δυνατές. Η διακριτότητα των 7 bits σ' ορισμένες εφαρμογές είναι ικανοποιητική (όπως π.χ. η σχετική ένταση ενός ήχου μέσα σε μία μίξη ήχων). Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις που η διακριτότητα πρέπει να είναι μεγαλύτερη. Γι' αυτό το λόγο στο πρωτόκολλο του MIDI είναι έτσι ορισμένες διευθύνσειςελέγχου, ώστε οι αριθμοί 0 - 31 να αντιστοιχούν στα 7 περισσότερο σημαντικά ψηφία για 32 χειριστήρια ενώ οι αριθμοί 32 - 63 αντιστοιχούν για τα 7 λιγότερο σημαντικά ψηφία για τα ίδια χειριστήρια. Επομένως κάθε κατασκευαστής έχει την δυνατότητα να καθορίσει την διακριτότητα της πληροφορίας, 7 bits χρησιμοποιώντας μόνο τις διευθύνσεις 0 - 31 ή 14 bits χρησιμοποιώντας και τις διευθύνσεις 32 - 63.

Οι διευθύνσεις 64 - 97 αναγνωρίζονται από το πρωτόκολλο του MIDI 1.0 και σαν διακόπτες χωρίς να υπάρχει ο περιορισμός να χρησιμοποιηθούν και σεν συνεχώς μεταβαλλόμενα χειριστήρια (μόνο με 7 bits διακριτότητα). Για τους διακόπτες, στην περίπτωση αυτή, ισχύει ότι είναι κλειστοί (off) όταν νννννν = 0 και ανοιχτοί όταν νννννν = 127. Όταν ένας MIDI δέκτης προγραμματίζεται για να μεταφράζει ένα μήνυμα control change σαν διακόπτη, τότε αυτός είναι κλειστός για νννννν = 0 - 63 και ανοιχτός για νννννν = 64 - 127.

Τα μηνύματα channel pressure και pitch bend change μπορούν να θεωρηθούν σαν μηνύματα ελέγχου. Επειδή όμως αυτά χρησιμοποιούνται πιο συχνά από τα υπόλοιπα, έχουν δικό τους status. Έτσι βλέπουμε για παράδειγμα ότι για να σταλεί ένα μήνυμα pitch bend change χρειάζονται 3 bytes, ενώ αν δινόταν σαν μήνυμα ελέγχου θα χρειαζόταν 6 bytes.

β. Μηνύματα channel mode

Αυτά είναι του τύπου :

1011bbbb 0cccccc 0νννννν

όπου 1011 η ταυτότητα του μηνύματος (ίδια όπως και στο control change), bbbb το κανάλι στο οποίο απευθύνεται ενώ το ccccccc μπορεί να πάρει τιμές από 122 - 127.

Local control : Αυτό το μήνυμα αφορά μόνο τα όργανα που διαθέτουν και πληκτρολόγιο με χειριστήρια ελέγχου και μονάδα σύνθεσης φωνής. Σε πολλά όργανα απ' αυτά υπάρχει η δυνατότητα να αποσυνδεθούν μεταξύ τους το πληκτρολόγιο με τα χειριστήρια ελέγχου από τη μονάδα σύνθεσης. Γι' αυτό το μήνυμα, θα είναι ccccccc = 01111010. Όταν το local control είναι ανοιχτό (on) (νννννν = 111111) τότε οι πληροφορίες από το πληκτρολόγιο και τα χειριστήρια ελέγχου, πηγαίνουν και στην μονάδα σύνθεσης φωνής και στη θύρα MIDI Out. Όταν το local control είναι κλειστό (off) (νννννν = 000000) τότε οι πληροφορίες περνάνε μόνο στην θύρα MIDI Out και η μονάδα σύνθεσης φωνής ανταποκρίνεται μόνο σε πληροφορίες που προέρχονται από τη θύρα MIDI In.

All notes off : Γι' αυτό το μήνυμα θα έχουμε ccccccc = 1111011 και νννννν = 000000. Το δεύτερο data byte δεν έχει καμιά σημασία αλλά τοποθετείται γιατί έτσι είναι η δομή των μηνυμάτων αυτού του τύπου. Το μήνυμα αυτό μπορεί να το στείλει ένα sequencer για να σταματήσουν να παίζουν όλα τα όργανα που είναι προγραμματισμένα να ανταποκρίνονται στο συγκεκριμένο κανάλι.

Τα υπόλοιπα τέσσερα μηνύματα είναι τα εξής :

Omni off : ccccccc = 1111100 νννννν = 0000000

Omni on : cccccc = 111101 vvvvvv = 000000

Poly on : cccccc = 111111 vvvvvv = 000000

Omni on : cccccc = 111110 vvvvvv = zzzzzz

όπου zzzzzz είναι ο αριθμός των καναλιών στα οποία θα ανατεθούν τα μονοφωνικά δεδομένα. Η ανάθεση γίνεται αριθμώντας από ένα κανάλι που επιλέγεται σαν βασικό.

Τα τέσσερα αυτά μηνύματα σχετίζονται με τον τρόπο συμπεριφοράς κάθε οργάνου σχετικά με τα κανάλια και την πολυφωνία του. Τα μηνύματα Omni on/off δηλώνουν για ένα όργανο αν θα ανταποκρίνεται ή όχι στις πληροφορίες που προέρχονται και από τα 16 MIDI κανάλια. Τα Poly και Mono καθορίζουν την μονοφωνική ή πολυφωνική ανταπόκριση του οργάνου. Τα MIDI όργανα με τους συνδυασμούς Omni on/off, Poly και Mono μπορούν να έχουν διάφορους τρόπους λειτουργίας. Στην συνέχεια θα εξεταστούν οι συνδυασμοί αυτοί για αποδέκτη.

Omni on - Poly ("Omni mode") : Σ' αυτόν τον τρόπο λειτουργίας το όργανο δέχεται όλες τις νότες που στέλνονται απ' όλα τα κανάλια και ανταποκρίνεται σ' αυτές πολυφωνικά. Έτσι για παράδειγμα αν συνδέσουμε δύο synthesizers μ' αυτόν τον τρόπο, τα δεδομένα που θα στέλνονται από το μητρικό θα λαμβάνονται πάντα από το θυγατρικό.

Omni on - Mono : Σ' αυτόν τον τρόπο λειτουργίας το όργανο δέχεται νότες απ' όλα τα κανάλια, αλλά μπορεί να τις αναθέσει μόνο σε μία φωνή. Το θυγατρικό όργανο σ' αυτήν την περίπτωση ανταποκρίνεται μονοφωνικά. Σε περίπτωση που υπάρχουν πληροφορίες για παραπάνω από μία νότες, το ποιες θ' ακουστούν εξαρτάται από την σχεδίαση του συγκεκριμένου οργάνου. Αυτός ο τρόπος επικοινωνίας χρησιμοποιείται σπάνια.

Omni off - Poly ("Poly mode") : Σ' αυτόν τον τρόπο το θυγατρικό όργανο ανταποκρίνεται πολυφωνικά σε πληροφορίες που έρχονται από ένα συγκεκριμένο κανάλι.

Omni off - Mono ("Mono mode") : Σ' αυτόν τον τρόπο λειτουργίας, κάθε φωνή του οργάνου ανατίθεται και στο δικό της κανάλι. Αυτός ο τρόπος είναι πολύ χρήσιμος αν το όργανο έχει πολυχρωματικές δυνατότητες (δηλαδή αν μπορεί να παράγει διαφορετικές χροιές ταυτόχρονα) και ελέγχεται από sequencer, γιατί οι φωνές μπορούν να προγραμματιστούν ξεχωριστά και να παίξουν μελωδικές γραμμές με διαφορετικούς ήχους.

Για ένα όργανο που εκπέμπει δεδομένα, οι αντίστοιχοι τρόποι λειτουργίας είναι οι εξής :

Omni on - Poly : Το όργανο εκπέμπει τα δεδομένα του μέσα από ένα βασικό κανάλι. Συνήθως αυτό το βασικό κανάλι είναι προγραμματιζόμενο, ειδάλλως, ο κατασκευαστής καθορίζει ποιο θα είναι αυτό.

Omni on - Mono : Ένα όργανο με αυτόν τον τρόπο στέλνει δεδομένα για μια μόνο φωνή μέσα από το βασικό κανάλι.

Omni off - Poly : Όπως και στο Omni on - Poly

Omni off - Mono : Τότε το όργανο εκπέμπει τα δεδομένα κάθε φωνής και σε ξεχωριστό κανάλι (όπως και όταν δέχεται).

γ. Μηνύματα συστήματος (system messages)

Τα μηνύματα συστήματος, όπως έχουμε ήδη αναφέρει απευθύνονται σε όλα τα όργανα που είναι συνδεδεμένα σ' ένα MIDI σύστημα, γι' αυτό και δεν φέρουν πληροφορίες σχετικά με τα κανάλια στα

οποία απευθύνονται. Τα μηνύματα συστήματος αρχίζουν πάντα με ένα status που τα τέσσερα πρώτα ψηφία είναι 1111. Υπάρχουν πάλι δύο τύποι μηνυμάτων συστήματος :

- Τα system real time και
- Τα system common.
- Μηνύματα system real time

Αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως όταν στο σύστημα υπάρχουν sequencers. Αποτελούνται μόνο από ένα byte και χρησιμοποιούνται για να συγχρονίζουν ολόκληρο το σύστημα σε πραγματικό χρόνο. Τα μηνύματα system real time είναι :

Timing clock : 11111000

Start : 11111010

Continue : 11111011

Stop : 11111100

Active sensing : 11111110

System reset : 11111111

Το μήνυμα timing clock εκπέμπεται συνεχώς 24 φορές για κάθε νότα αξίας ενός τετάρτου. Το start ενεργοποιεί το sequencer για να εκτελέσει τα κατεγραμμένα μέρη από την αρχή. Το stop σταματάει το sequencer. Το μήνυμα continue ενεργοποιεί το sequencer χωρίς να είναι απαραίτητο να ξεκινάει από την αρχή. Το μήνυμα Active sensing, όταν χρησιμοποιείται, εκπέμπεται περίπου 3 φορές το δευτερόλεπτο για να δηλώσει ότι το όργανο που εκπέμπει είναι ενεργοποιημένο. Το μήνυμα system reset αρχικοποιεί όλο το σύστημα.

δ. Μηνύματα system common

Υπάρχουν 5 είδη μηνυμάτων system common. Τα δύο απ' αυτά χρησιμοποιούνται για να προσπελαστούν συγκεκριμένες θέσεις στη μνήμη του sequencer. Αυτά είναι :

Song position pointer : 11110010 0llllll 0hhhhhhh

Song select : 11110011 0sssssss

Το μήνυμα Song position pointer δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να αρχίσει ή να συνεχίσει μια sequence από ένα συγκεκριμένο σημείο. Τα hhhhhhh και llllll είναι αντίστοιχα τα ψηφία μεγαλύτερης και μικρότερης σημαντότητας ενός 14-bit αριθμού που δηλώνει σε ποιο μέτρο βρίσκεται από την αρχή του κομματιού. Το μήνυμα Song select δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να επιλέξει ένα από τα 128 αρχεία κομματιών που υπάρχουν στη μνήμη του sequencer. Τα ssssss δηλώνουν τον αριθμό του κομματιού.

Τα επόμενα δύο system common μηνύματα αποτελούνται από ένα byte το καθένα και είναι τα εξής :

Tune request : 11110110

End system exclusive : 11110111

Το μήνυμα Tune request δίνει εντολή στα όργανα που είναι συνδεδεμένα να κουρδιστούν σχετικά με κάποια συχνότητα αναφοράς (συνήθως το μεσαίο "λα" = 440Hz).

Το μήνυμα End system exclusive (EOX) είναι ένα μήνυμα που δηλώνει το τέλος ενός μηνύματος System exclusive. Αυτά τα μηνύματα εξετάζονται εκτενέστερα στην επόμενη παράγραφο.

ε. Το μήνυμα System exclusive (sysex)

Η δομή αυτού του μηνύματος διαφέρει σημαντικά από τα υπόλοιπα που αναφέρθηκαν μέχρι τώρα, κι αυτό γιατί η δομή του δεν είναι standard. Κάθε κατασκευαστής που εξοπλίζει τα όργανά του με MIDI, μπορεί να προγραμματίσει το sysex με τέτοιο τρόπο ώστε να μεταφέρει πληροφορίες που αφορούν μόνο τα μοντέλα του (π.χ. τις τιμές των παραμέτρων για τους διάφορους ήχους ή τα δείγματα).

Ένα μήνυμα System exclusive έχει συνήθως την εξής δομή :

11110000

0iiiiiii

0kkkkkkk

0mmmmmmm

0nnnnnnn:

0nnnnnnn

11110111

Το πρώτο byte είναι το status της αρχής του sysex. Το δεύτερο byte είναι η ταυτότητα του κατασκευαστή, όπως έχει καταχωρηθεί από την MIDI Manufacturers Association ή από την Japan MIDI Standards Association. Συνήθως υπάρχει ένα τρίτο byte που δηλώνει το μοντέλο του συγκεκριμένου κατασκευαστή. Το επόμενο byte πάλι είναι το είδος της εντολής που θα εκτελεστεί (π.χ. αίτηση δεδομένων, αναγνωριστικό λάθους κ.λ.π.). Τα επόμενα bytes, αν υπάρχουν, είναι τα data bytes που μεταφέρουν τις πληροφορίες που θέλουμε ανάλογα με την περίπτωση.

Επειδή οι πληροφορίες που μεταφέρονται με το sysex είναι συνήθως βασικές για τη λειτουργία των οργάνων, πολλοί κατασκευαστές έχουν επινοήσει κάποιο τρόπο ελέγχου της ακρίβειας της μεταφοράς για να υπερσκελίζουν τα προβλήματα. Τέτοιο πρόβλημα είναι π.χ. να χαθεί κάποιο bit ή να μεταβληθεί η κατάστασή του, γεγονός που μπορεί να έχει μεγάλες επιπτώσεις κατά την αποκωδικοποίηση του δεκτή. Ο πιο συνηθισμένος τρόπος ελέγχου είναι το άθροισμα ελέγχου (checksum). Αυτό στέλνεται μαζί με τα δεδομένα και είναι το άθροισμα των data bytes για μεταφορά ή το συμπλήρωμά τους ως προς το δύο (2's complement). Επειδή όμως τα data bytes του sysex έχουν 7 σημαντικά ψηφία, το άθροισμα ελέγχου που στέλνεται είναι τα 7 λιγότερα σημαντικά ψηφία του πραγματικού.

Οι μεταβολές των παραμέτρων που επιτυγχάνονται μέσω του sysex, συνήθως δεν γίνονται σε πραγματικό χρόνο. Επειδή το μήνυμα sysex, όπως έχουμε ήδη αναφέρει, δεν είναι standard, όλα τα παραπάνω εξηγούνται συνήθως με λεπτομέρεια από τα εγχειρίδια που συνοδεύουν τα MIDI μηχανήματα, στο κεφάλαιο MIDI implementation.

Σημειώματα

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0

Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Αναστασία Γεωργάκη, 2015.
Αναστασία Γεωργάκη. «Εισαγωγή στη Μουσική Τεχνολογία. Το MIDI διασυνδετικό». Έκδοση: 1.0.
Αθήνα 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/MUSIC101>

Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Διατήρηση Σημειωμάτων

- Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:
- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

[Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες](#)

Εικόνα 1 Τύπος πενταπολικού καλωδίου MIDI. Σύνδεσμος: <http://en.wikipedia.org/wiki/MIDI>

Εικόνα 2 MIDI Thru σύνδεση ελεγκτή και «σκλάβου» συσκευής. Σύνδεσμος: <http://umassherstm5.org/the-musical-instrument-digital-interface>

Εικόνα 3 MIDI διασυνδετικό σε USB <http://www.synthtopia.com/content/2007/07/27/cme-ships-usb-to-midi-cable/>

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

