



Ψηφιακές Αναπαραστάσεις της Μουσικής

Διάλεξη 3: Τα μηνύματα MIDI - Α' Μέρος

Χ. Αλεξανδράκη

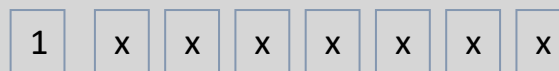
MIDI Messages και MIDI Bytes

- ❖ 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**.
 - Διαχωρίζοντας έτσι το είδος της εντολής που πρέπει να εκτελεστεί από τα δεδομένα που χρειάζεται η εντολή

Status Bytes και Data Bytes

❖ Διαφορετική Σύνταξη => Διαφορετική σημασιολογία

status byte



data byte



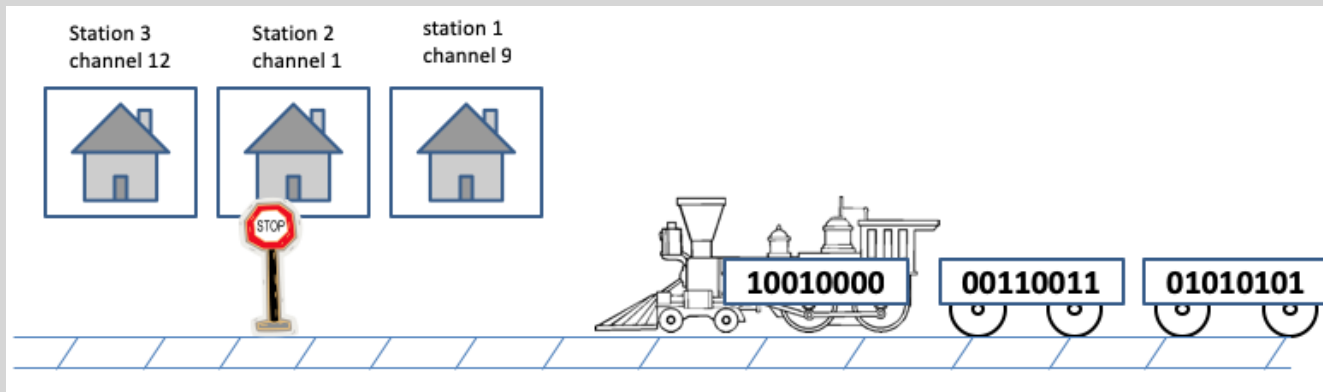
❖ Απομένουν ελεύθερα 7bits πληροφορίας σε κάθε byte
δηλαδή

➤ $2^7 = 128$ διαφορετικές τιμές, στο διάστημα 0 έως 127

MIDI κανάλια και διευθυνσιοδότηση

- ❖ Στη σύνδεση συσκευών όπως είδαμε στο προηγούμενο μάθημα δημιουργείται ένα **MIDI network**
 - Είτε σε συνδεσμολογία σε σειρά (daisy-chain) είτε μέσω συσκευών δρομολόγησης (π.χ. MIDI THRU Box)
- ❖ Στο MIDI network τα μηνύματα διέρχονται από όλες τις συνδεδεμένες συσκευές
- ❖ Στα δεδομένα υπάρχει η ανάγκη διευθυνσιοδότησης, δηλαδή:
 - Ο Καθορισμός της διεύθυνσης στην οποία απευθύνονται τα δεδομένα
- ❖ Η διευθυνσιοδότηση γίνεται με τα MIDI Κανάλια

Addressing (Διευθυνσιοδότηση)



MIDI Channels

- ❖ Στο MIDI 1.0 προβλέπονται 16 κανάλια (1-16)
- ❖ Το κάθε κανάλι είναι σε κάθε στιγμή συντονισμένο με ένα μοναδικό μουσικό όργανο
 - Παράδειγμα τρομπέτα στο κανάλι 3
 - Μήνυμα Νότα Ντο στο κανάλι 3
 - Μηνύματα τα οποία στέλνονται στο κανάλι 3 μετατρέπονται σε ήχο από τη γεννήτρια στην οποία έχει αντιστοιχισθεί η τρομπέτα

MIDI Channels και MIDI Programs

- ❖ Τα ηχοχρώματα (χροιές μουσικών οργάνων) στην ορολογία MIDI αναφέρονται ως MIDI Programs
- ❖ Υπάρχουν 128 βασικά MIDI Programs
 - Με κάποιες τεχνικές (που θα δούμε αργότερα) μπορούν να είναι πολύ περισσότερα
- ❖ Στην αρχική κατάσταση
 - Το κανάλι 10 έχει ηχόχρωμα κρουστών μουσικών οργάνων (drums)
 - Όλα τα υπόλοιπα 1-9 και 11-16 έχουν ηχόχρωμα πιάνου
- ❖ Η αντιστοιχία Channel <-> Program μπορεί να αλλάξει με ένα ειδικό μήνυμα (Program Change Message)
 - Ωστε το κάθε κανάλι να έχει ένα διαφορετικό μουσικό όργανο

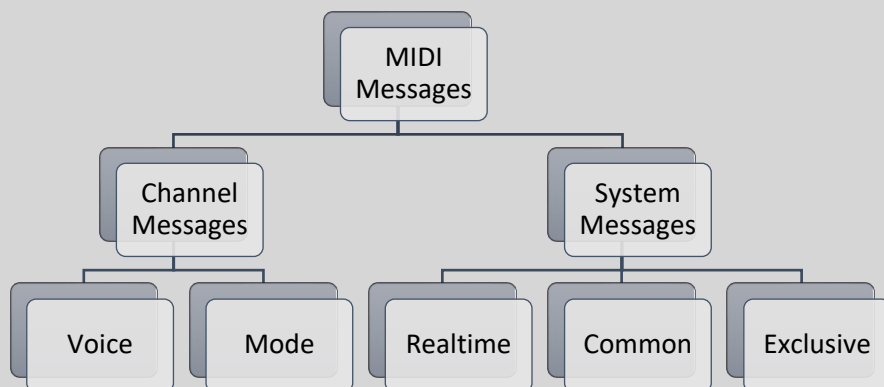
Κατηγορίες Μηνυμάτων

❖ Channel Messages

- Απευθύνονται σε συγκεκριμένο κανάλι

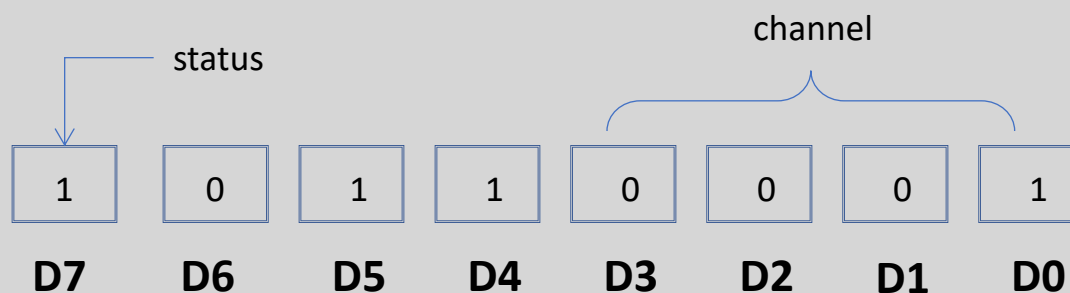
❖ System Messages

- Απευθύνονται σε όλο το MIDI network (ανεξαρτήτων καναλιού)



Channel Messages

- ❖ Το κανάλι περιέχεται στα 4 λιγότερο σημαντικά bits του status byte



Παράδειγμα: Note on

❖ Note On Μήνυμα

- Στέλνεται από έναν controller όταν πατήσω μία νότα
- 1001 cccc 0nnnnnnnn 0nnnnnnn
 - ccc: Αριθμός Καναλιού (1-16)
 - nnnnnnnn : note number ή pitch (0-127)
 - nnnnnnn: velocity, η ταχύτητα με την οποία πατάω το πλήκτρο (0-127). Εάν είναι 0 ερμηνεύεται ως note off μήνυμα
- Παράδειγμα
 - 10010010 01101101 01111111 (92 6D 7F)

Δυαδικό και Δεκαεξαδικό Σύστημα Αρίθμησης

Hex	Bin
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001
A	1010
B	1011
C	1100
D	1101
E	1110
F	1111



1^η τετράδα Status Byte

Hex	Bin	Περιεχόμενο	# databytes
0	0000	----Data Byte -----	
1	0001	----Data Byte -----	
2	0010	----Data Byte -----	
3	0011	----Data Byte -----	
4	0100	----Data Byte -----	
5	0101	----Data Byte -----	
6	0110	----Data Byte -----	
7	0111	----Data Byte -----	
8	1000	Note Off Message	2
9	1001	Note On Message	2
A	1010	Polyphonic Key Pressure (Poly – Aftertouch)	2
B	1011	Control Change	2
C	1100	Program Change	1
D	1101	Monophonic Aftertouch	1
E	1110	Pitch Bend	2
F	1111	System Messages	

Εύρος Τιμών στα MIDI Bytes

❖ Status Byte

- Min: 10000000 Binary, 0x80, 128 Decimal
- Max: 11111111, 0xFF, 255 Decimal
- 80 έως FF (Hex)

❖ Data Byte

- Min: 00000000 Binary, 0x00, 0 Decimal
- Max: 01111111, 0x7F, 127 Decimal
- 00 έως 7F (Hex)

Προσδιορισμός/Περιγραφή Μηνύματος

- ❖ Για να περιγράψω το κάθε μήνυμα θα πρέπει να αναφέρω:
 - 1) Την ενέργεια του μουσικού που ενεργοποιεί την αποστολή του μηνύματος σε ένα MIDI controller
 - 2) Πως ανταποκρίνεται ένα MIDI Synthesis Module όταν λαμβάνει το μήνυμα αυτό
 - 3) Τη σύνταξη του μηνύματος

Note off Message

- ❖ 1) Ενέργεια του μουσικού που ενεργοποιεί την αποστολή του μηνύματος σε ένα MIDI controller
 - Άφημα ενός πλήκτρου, π.χ. σε ένα keyboard
- ❖ 2) Πως ανταποκρίνεται ένα MIDI Synthesis Module όταν λαμβάνει το μήνυμα αυτό
 - Σταμάτημα τη συγκεκριμένης νότας που ήδη ηχεί (προϋποθέτει ένα προγενέστερο note on μήνυμα)
- ❖ Σύνταξη του μηνύματος
 - 1000cccc 0nnnnnnn 0nnnnnn
 - Όπου:
 - cccc.....Αριθμός καναλιού
 - nnnnnnn.....Αριθμός Νότας
 - vnnnnnn.....Τιμή για το Velocity

Note on Message

❖ 1) MIDI controller

- Πάτημα ενός πλήκτρου, π.χ. σε ένα keyboard

❖ 2) MIDI Synthesis Module

- Αναπαραγωγή μια κυματομορφής με συγκεκριμένο τονικό ύψος, ένταση χροιά

❖ 3) Σύνταξη του μηνύματος

- 1001cccc 0nnnnnnn 0nnnnnn

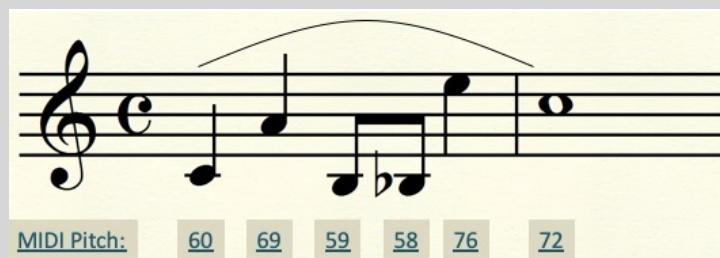
- Όπου:

- cccc.....Αριθμός καναλιού
- nnnnnnn.....Αριθμός Νότας
- nnnnnn.....Τιμή για το Velocity

Αριθμός Νότας

❖ Note Number ή pitch (τονικό ύψος)

- Μεταφέρεται στο πρώτο data byte του Note On και Note Off Message
 - Άρα έχει εύρος από 0 έως 127 (> 10 οκτάβες)
- Μοναδικός αριθμός για κάθε νότα του συγκεκριμένου συστήματος
- Το σημείο αναφοράς είναι το Ντο της 3^{ης} οκτάβας (C3) που αντιστοιχεί στον αριθμό 60



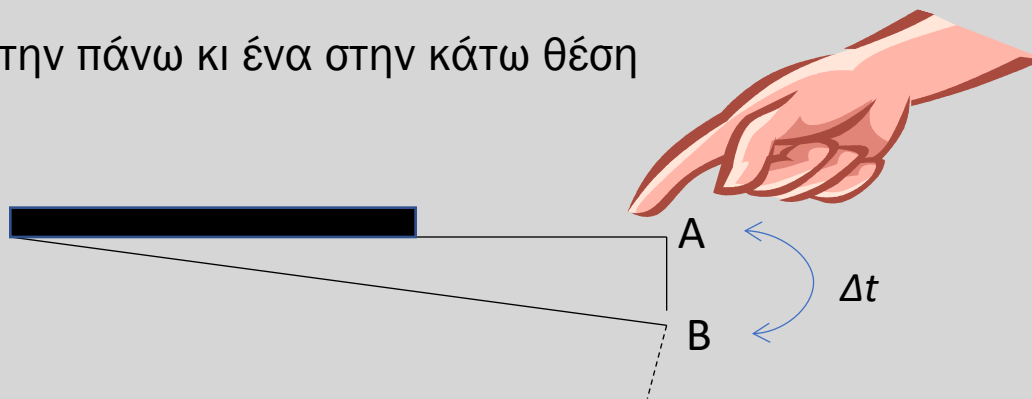
MIDI Pitch: 60 69 59 58 76 72

The image shows a musical staff with a treble clef and a common time signature (C). The notes are: a quarter note G4 (MIDI 60), a quarter note A4 (MIDI 69), a quarter note F4 (MIDI 59), a quarter note E4 (MIDI 58), a quarter note G4 (MIDI 76), and a half note G4 (MIDI 72). A slur covers the first five notes.

Velocity (Ταχύτητα)

- ❖ Το δεύτερο data byte του note on και note off μηνύματος (0-127)
- ❖ Στον controller αντιστοιχεί στην ταχύτητα με την οποία ο μουσικός πατάει ή αφήνει το πλήκτρο
- ❖ Στο Sound module ερμηνεύεται ως ένταση (πλάτος) της κυματομορφής που πρόκειται να αναπαραχθεί.
- ❖ Μετριέται με ένα σύστημα δύο διακοπών

➤ Ένα στην πάνω κι ένα στην κάτω θέση

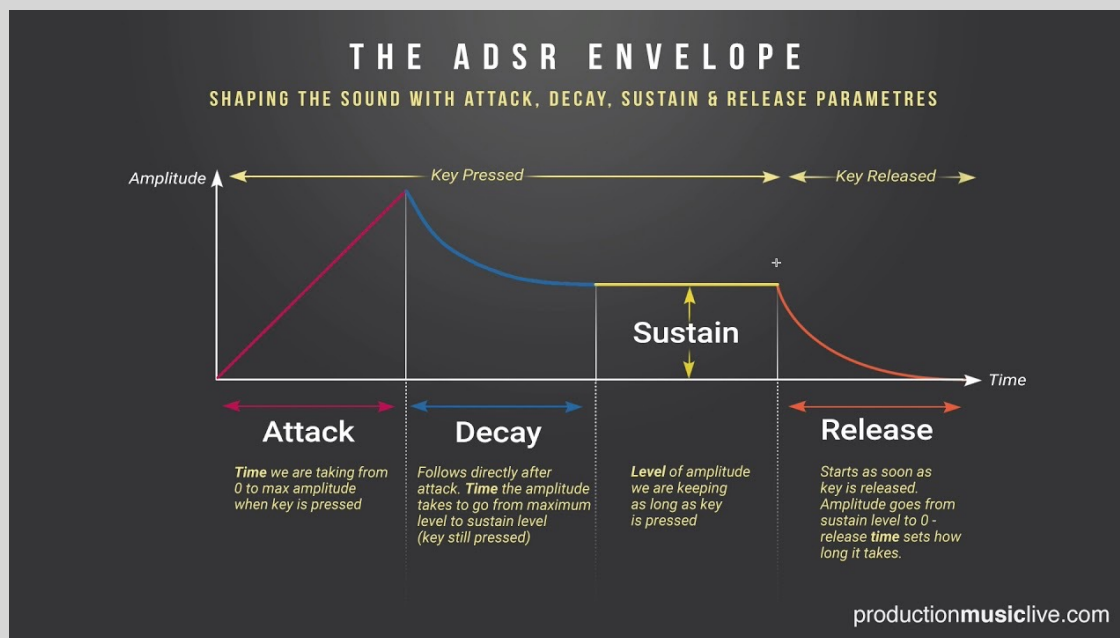


Note Off και Note On με velocity μηδέν

- ❖ Στους περισσότερους controllers αντί για note off μήνυμα στέλνεται note on με velocity μηδέν
- ❖ Η διαφορά:
 - Παράδειγμα:
 - 90 3C 7F # Note On στη νότα 60 με velocity 127
 - 80 3C 5D # Note Off στη νότα 60 με velocity 93
 - 90 3C 00 # Note Off στη νότα 60
 - Η διαφορά είναι ότι το μήνυμα note off μου δίνει τη δυνατότητα να προσδιορίσω ένα velocity
 - Ταχύτητα αφήματος πλήκτρου, στη γεννήτρια ήχου θα μπορούσε να επηρεάζει τη διάρκεια του release τμήματος του envelope της νότας.

Περιβάλλουσα πλάτους της Νότας

- ❖ Η διάρκεια του Release έχει πολύ μικρή επίδραση στον τρόπο που γίνεται αντιληπτός ο ήχος



Program Change

❖ Στον controller

- Ανάλογα τον κατασκευαστή μπορεί να ενεργοποιείται με κάποιο συνδυασμό από διακόπτες και ποτενσιόμετρα

❖ Στο Sound Module

- Αλλάζει το ηχόχρωμα (την κυματομορφή) που αναπαράγει σε κάποιο κανάλι

❖ Σύνταξη:

- 1100cccc 0nnnnnnn

➤ Όπου:

- cccc.....Αριθμός καναλιού
- nnnnnnn.....Αριθμός Προγράμματος (Ηχοχρώματος)

❖ Παράδειγμα:

- C2 4D

- Program Change στο κανάλι 3 για να μπει το ηχόχρωμα 77 (blown bottle)



Μετατροπή Hex-> Dec

$$\blacklozenge 4D \rightarrow 4 * 16^1 + D * 16^0 = 4 * 16 + 13 * 1 = 77$$

Πολυφωνία και Πολυχρωματικότητα

- ❖ Δυνατότητες που αναφέρονται στη γεννήτρια ήχου
 - Πολυφωνική (Polyphonic)
 - μπορεί να αναπαράγει πολλές νότες ταυτόχρονα (π.χ. συγχορδίες)
 - Πολυχρωματική (multitimbral)
 - μπορεί να αναπαράγει πολλά ηχοχρώματα ταυτόχρονα (π.χ. ενορχήστρωση)
 - Παράδειγμα:
 - 24-voice polyphonic, 8-part multitimbral sound module
 - Timbre = Χροιιά

General MIDI

- ❖ Το αρχικό κείμενο προδιαγραφών του MIDI δεν προέβλεπε τίποτα για την πολυφωνία, την πολυχρωματικότητα καθώς και για τον τρόπο επιλογής προκαθορισμένων ηχοχρωμάτων
- ❖ Το 1991 ανακοινώθηκε ένα επιπρόσθετο πρότυπο προδιαγραφών που κάλυπτε αυτά τα κενά, όπως
- ❖ Η αντιστοιχία 128 αριθμών σε χροιές μουσικών οργάνων:

➤ https://en.wikipedia.org/wiki/General_MIDI



Sound Banks και Sound Fonts

❖ 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**).

➤ βασίζεται σε διαδοχικές σαρώσεις μιας προαποθηκευμένης κυματομορφής (sample) με διαφορετικές ταχύτητες, έτσι ώστε η ίδια κυματομορφή να αναπαράγεται σε διαφορετικά τονικά ύψη.

➤ Οι κυματομορφές αυτές ονομάζονται **sound fonts**

- Σε αντιστοιχία με την αναπαράσταση ψηφιακού κειμένου

❖ **Sound Banks:** ένα σύνολο από 128 sound fonts

❖ Για την αλλαγή ενός sound bank απαιτείται η αποστολή ενός **control change** μηνύματος

➤ Bank Select

Η αναπαράσταση Piano Roll

❖ Εμπνευσμένο από τα Player Pianos

➤ Πιάνα του τέλους του 19^{ου} αιώνα που έπαιζαν μόνα τους τις νότες που αναπαριστούνταν σε ένα διάτρητο χαρτί.

- https://www.audiolabs-erlangen.de/resources/MIR/FMP/C1/C1S2_PianoRoll.html

➤ Σήμερα χρησιμοποιείται σαν μια γραφική αναπαράσταση μουσικού περιεχομένου που είναι ευκολότερη της μουσικής σημειογραφίας και δεν απαιτεί μουσικές γνώσεις

- Π.χ. στους περισσότερους MIDI Sequencers



Παράρτημα

Συστήματα Αρίθμησης και MIDI Μηνύματα

Συστήματα Αρίθμησης

- ❖ 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 **(kⁿ -1)**.
 - Για παράδειγμα, στο δυαδικό (βάση-2) ένα byte (8-θέσεις) μου δίνει ένα αριθμό από 0 έως (2⁸ -1) =255.
- ❖ Επίσης, εάν ο **n-θέσεων** αριθμός μου στο σύστημα με **βάση-k** είναι ο
 - $a_{n-1}a_{n-2}\dots a_2a_1a_0$
- ❖ τότε για να βρω τον αριθμό στο δεκαδικό σύστημα αρίθμησης, θα πρέπει να κάνω την πράξη:
 - $x_{10} = a_{n-1} * k^{n-1} + a_{n-2} * k^{n-2} + \dots + a_2 * k^2 + a_1 * k^1 + a_0 * k^0$

Μετατροπή στο Δεκαδικό

❖ Παραδείγματα

➤ 11001010

$$\bullet x_{10} = 1 * 2^7 + 1 * 2^6 + 0 * 2^5 + 0 * 2^4 + 1 * 2^3 + 0 * 2^2 + 1 * 2^1 + 0 * 2^0$$

$$\bullet = 128 + 64 + 8 + 2 = 202$$

➤ 0xCA

$$\bullet x_{10} = C * 16^1 + A * 16^0 = 12 * 16 + 10 = 202$$

Παραδείγματα

❖ Στο δεκαδικό σύστημα αρίθμησης ο 7392 αντιστοιχεί στο άθροισμα:

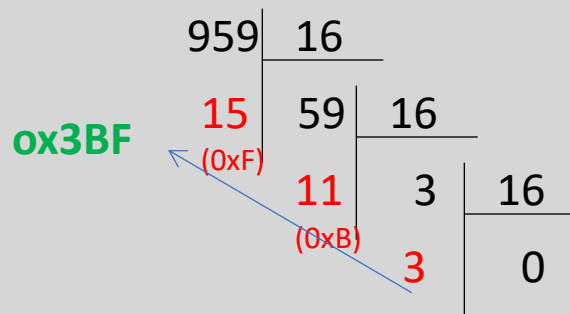
$$\bullet 7 \times 10^3 + 3 \times 10^2 + 9 \times 10^1 + 2 \times 10^0 = 7392$$

❖ Στο δεκαεξαδικό σύστημα αντιστοιχεί:

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

Μετατροπή από Δεκαδικό

- ❖ Για μετατροπή ενός αριθμού από το δεκαδικό σε οποιοδήποτε άλλο σύστημα αρίθμησης
 - Διαιρώ τον αριθμό κατ' επανάληψη με τη βάση νέου του συστήματος, έως ότι φθάσω σε πηλίκο 0. Διαβάζω τα υπόλοιπα τις διαίρεσης από κάτω προς τα πάνω
- ❖ Παράδειγμα: μετατροπή αριθμού **959** στο δεκαεξαδικό



Κανόνες

1. Μετατροπή αριθμού από κάποιο σύστημα (Βάσης-k) στο δεκαδικό:

$$\text{➤ } x_{10} = a_{n-1} * k^{n-1} + a_{n-2} * k^{n-2} + \dots + a_2 * k^2 + a_1 * k^1 + a_0 * k^0$$

2. Μετατροπή αριθμού από το δεκαδικό σε κάποιο σύστημα (Βάσης-k)

➤ Διαίρεση αριθμού κατ' επανάληψη με k ώσπου να φτάσω σε πηλίκιο μηδέν. Διαβάζω τα υπόλοιπα της διαίρεσης από κάτω προς τα πάνω

3. Μετατροπή ανάμεσα σε δυαδικό και δεκαεξαδικό:

➤ Κάθε δυαδική τετράδα αντιστοιχεί σε ένα δεκαεξαδικό ψηφίο