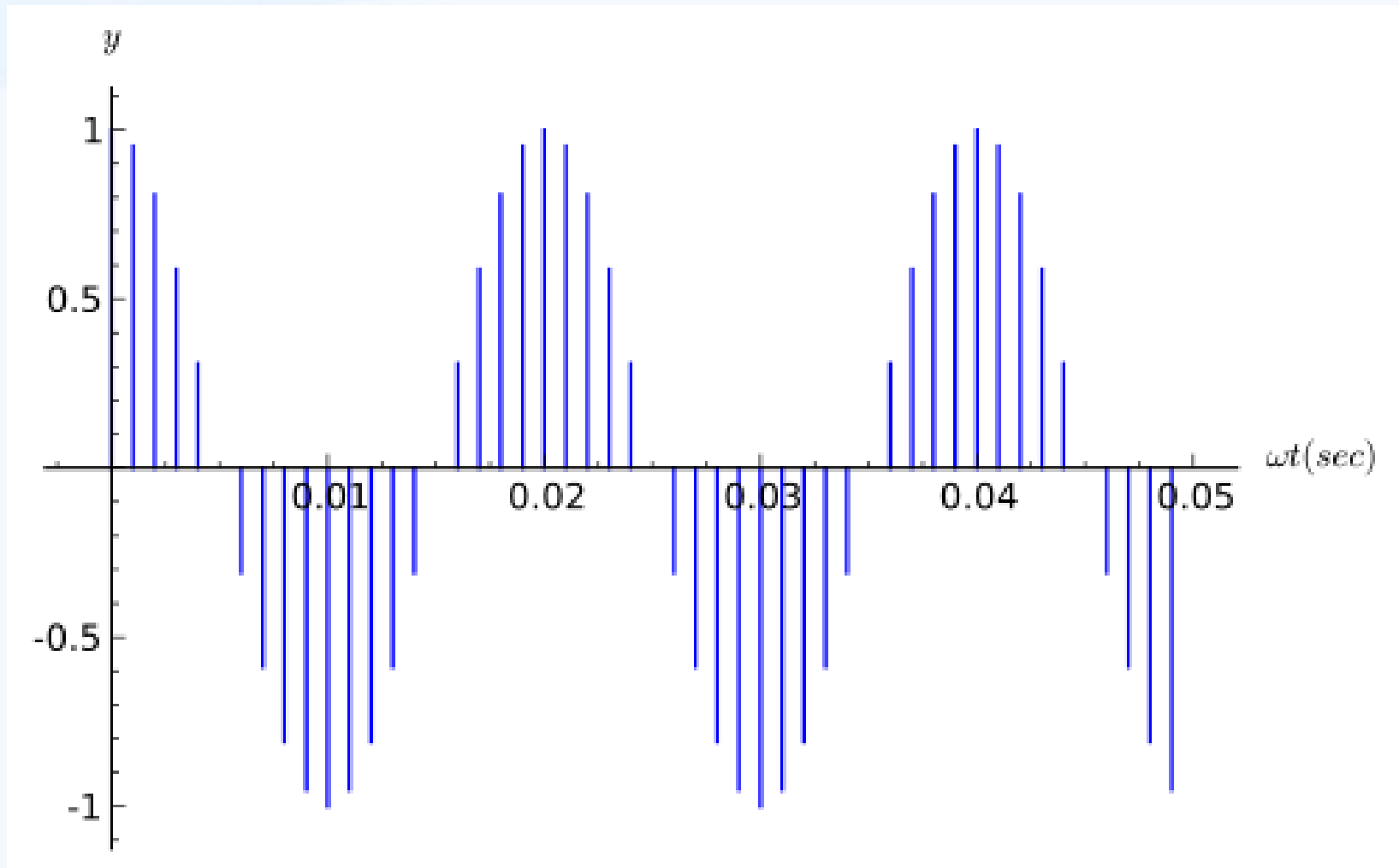
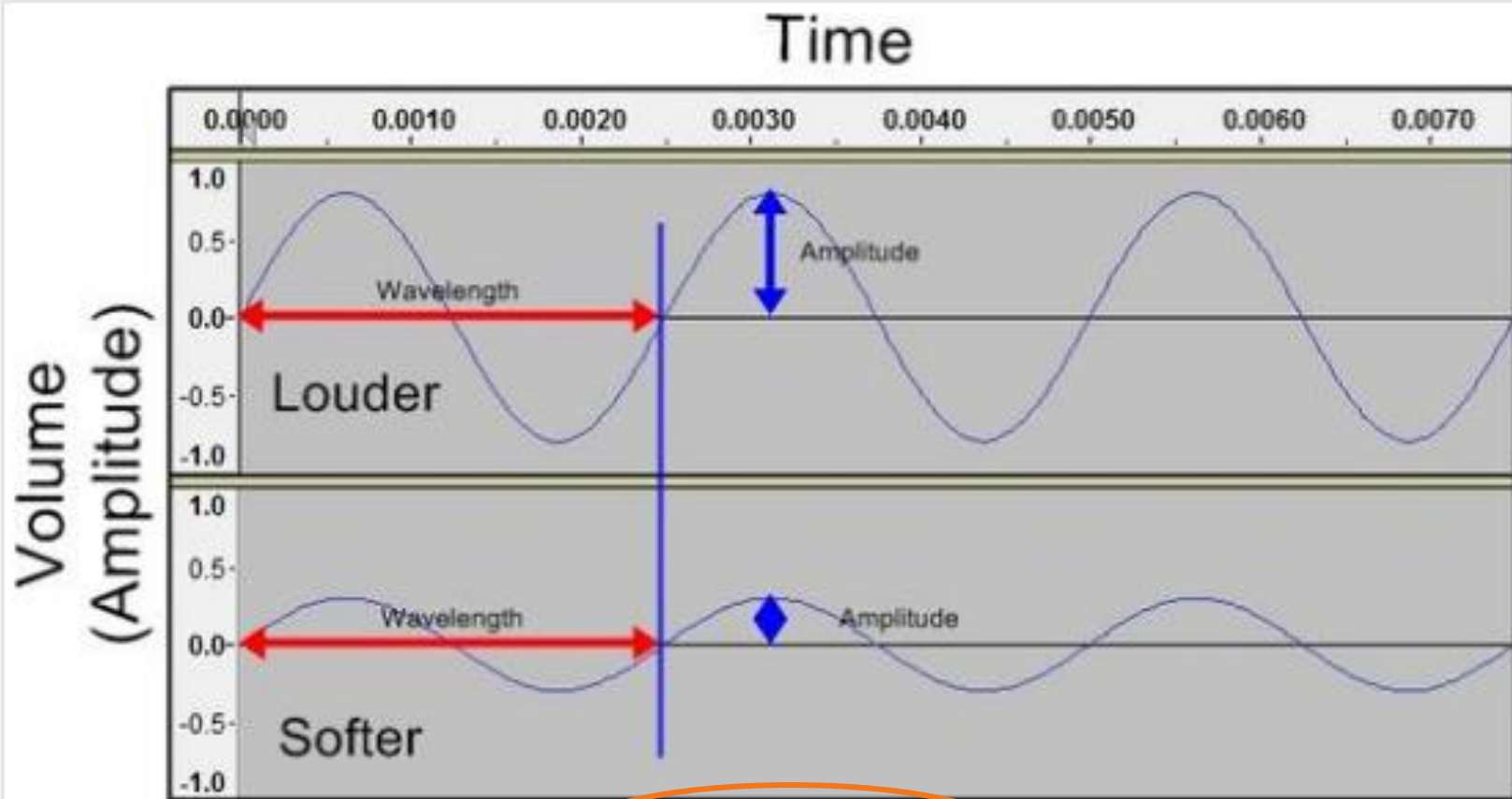


5 Αναπαράσταση ήχου



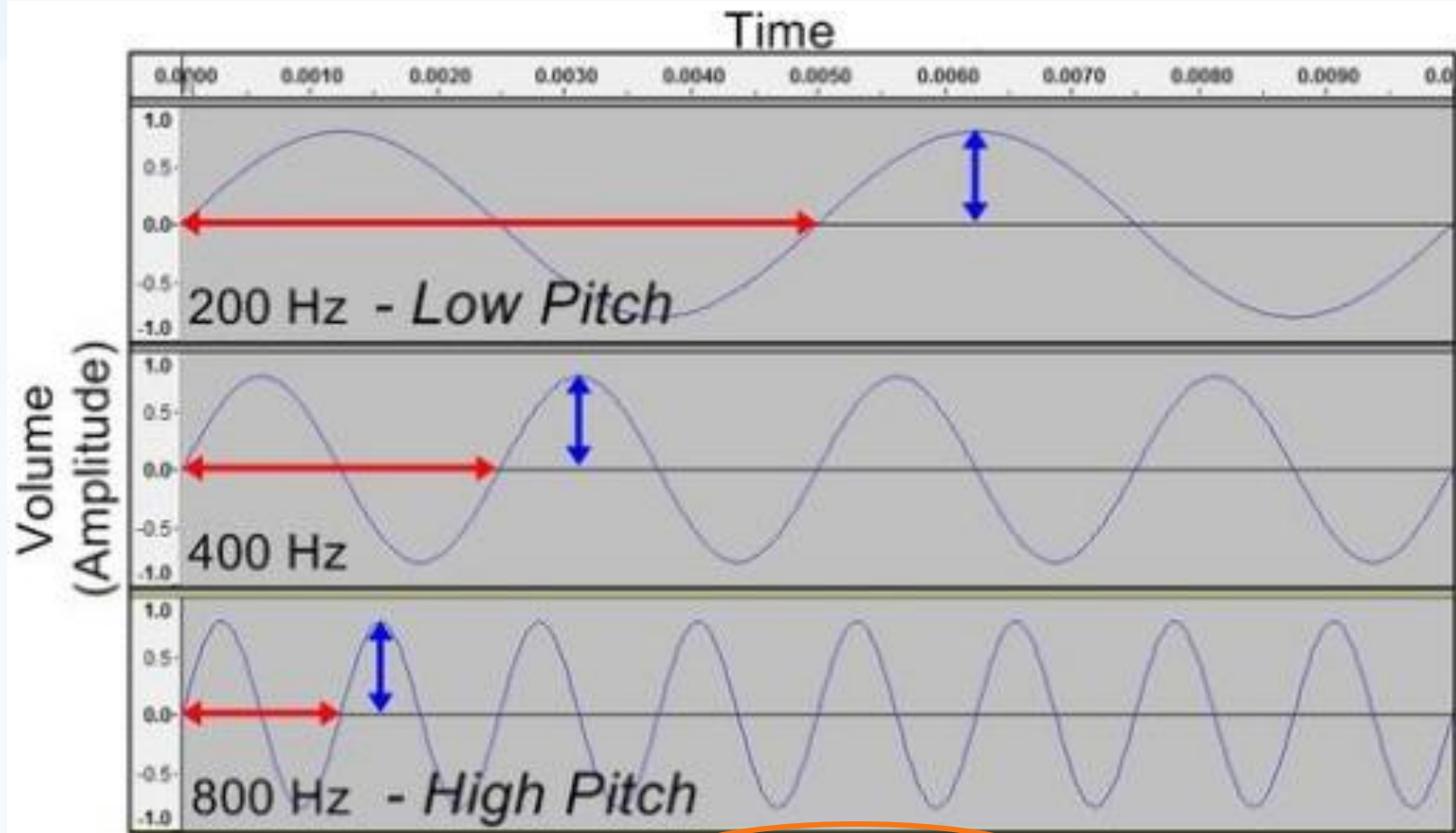
ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΣΤΑΧΟΣ ΚΥΡΙΑΚΟΣ - ΠΕ19 ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Χαρακτηριστικά ήχου



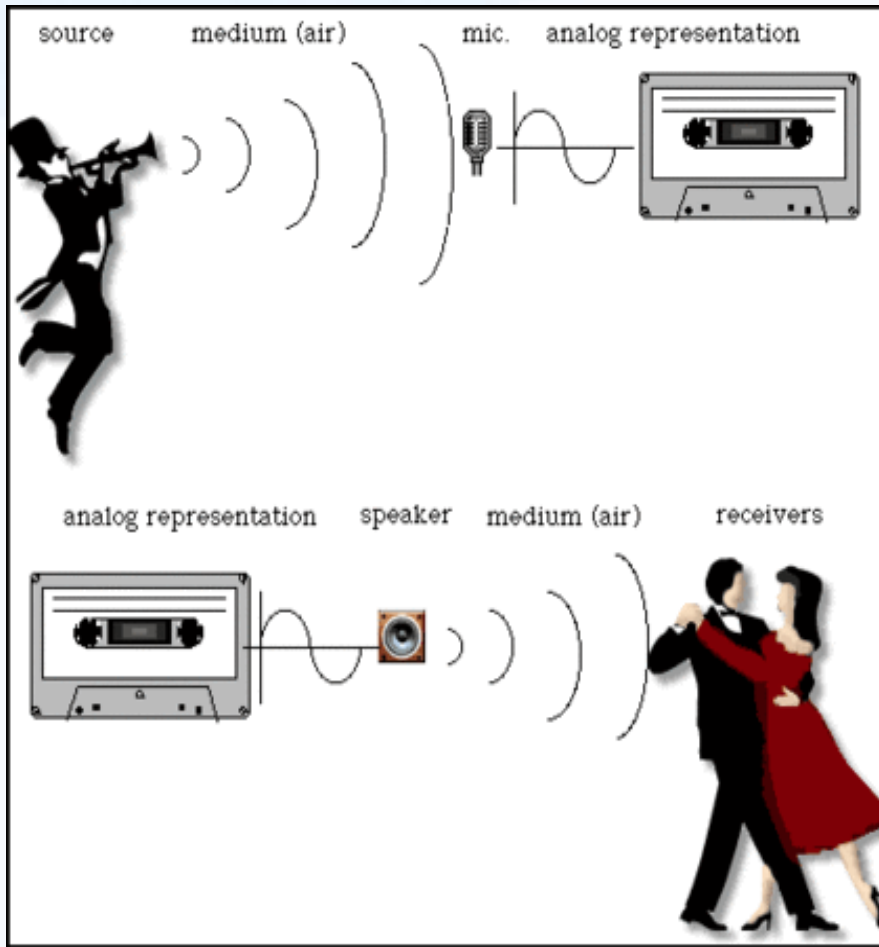
Το πλάτος (amplitude) επηρεάζει την ένταση (volume) του ήχου. Όσο μεγαλύτερο είναι το πλάτος τόσο πιο δυνατός (louder) είναι ο ήχος.

Χαρακτηριστικά ήχου



Η συχνότητας (frequency) καθορίζει τον τόνο (pitch) στον ήχο. Επηρεάζει επίσης το μήκος κύματος (wavelength).

Αναλογική ηχογράφηση

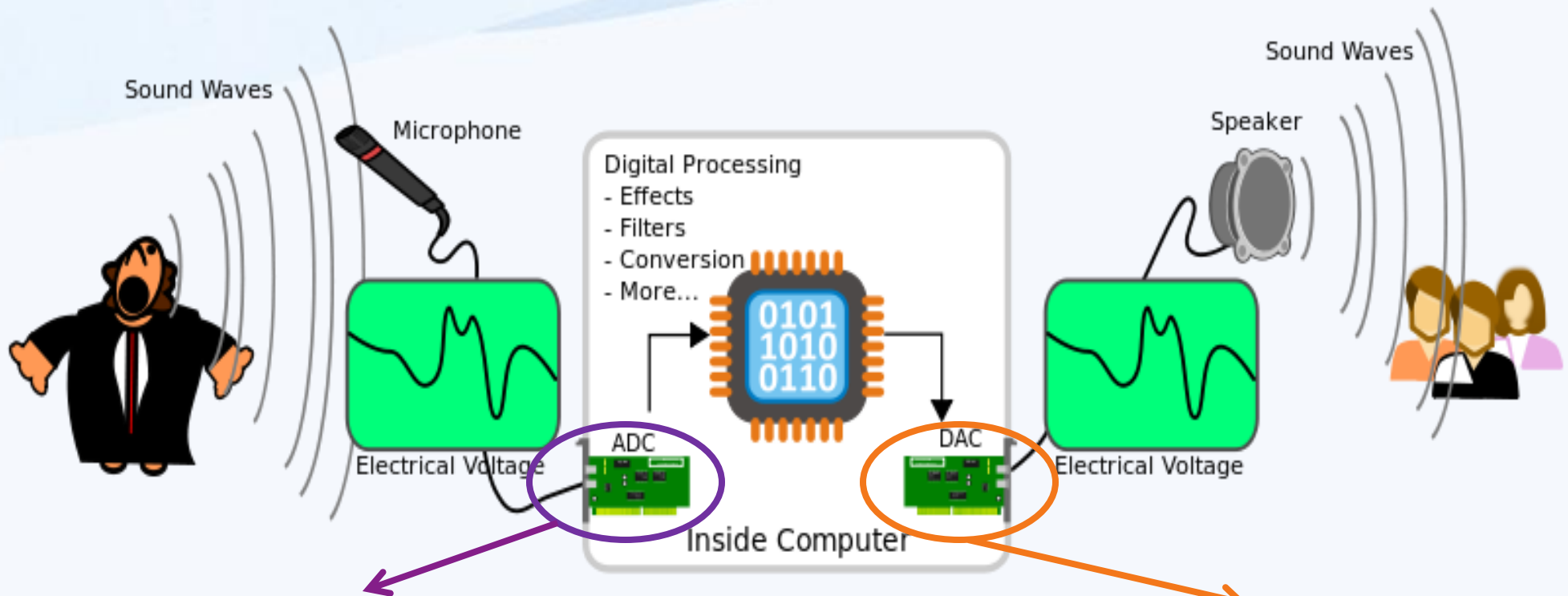


Στην **αναλογική ηχογράφηση**, καταγράφονται οι συνεχείς μεταβολές του αναλογικού ηχητικού σήματος. Για παράδειγμα, οι μεταβολές της πίεσης του αέρα που διεγείρουν τη μεμβράνη ενός μικροφώνου, μετατρέπονται σε μεταβαλλόμενη ηλεκτρική τάση.

- Οι μεταβολές στην τάση (electrical voltage variations) αντιπροσωπεύουν το **πλάτος** και
- Η ταχύτητα των μεταβολών αντιπροσωπεύει τη **συχνότητα** και μπορούν να καταγραφούν σε ένα μέσο, όπως η μαγνητική ταινία.

Στην **αναπαραγωγή**, μια συσκευή εξόδου (για παράδειγμα μεγάφωνο) μετατρέπει τη μεταβαλλόμενη ηλεκτρική τάση της πηγής (μαγνητική ταινία) σε μεταβολή της πίεσης του αέρα (ηχητικό κύμα)..

Ψηφιακή ηχογράφηση



Αναλογοψηφιακός μετατροπέας (Analog to Digital Converter, ADC).

Ο ήχος από αναλογικός, μετατρέπεται σε ψηφιακό, και αφού αποθηκευτεί (digital storage), μπορεί να επεξεργαστεί και να μεταφερθεί ή να αναπαραχθεί.

Ψηφιοαναλογικός μετατροπέας (Digital to Analog Converter, DAC), Ο ήχος από ψηφιακός μετατρέπεται σε αναλογικό, ώστε να μπορεί να αναπαραχθεί από μια αναλογική συσκευή εξόδου (μεγάφωνο).

Δειγματοληψία (sampling)

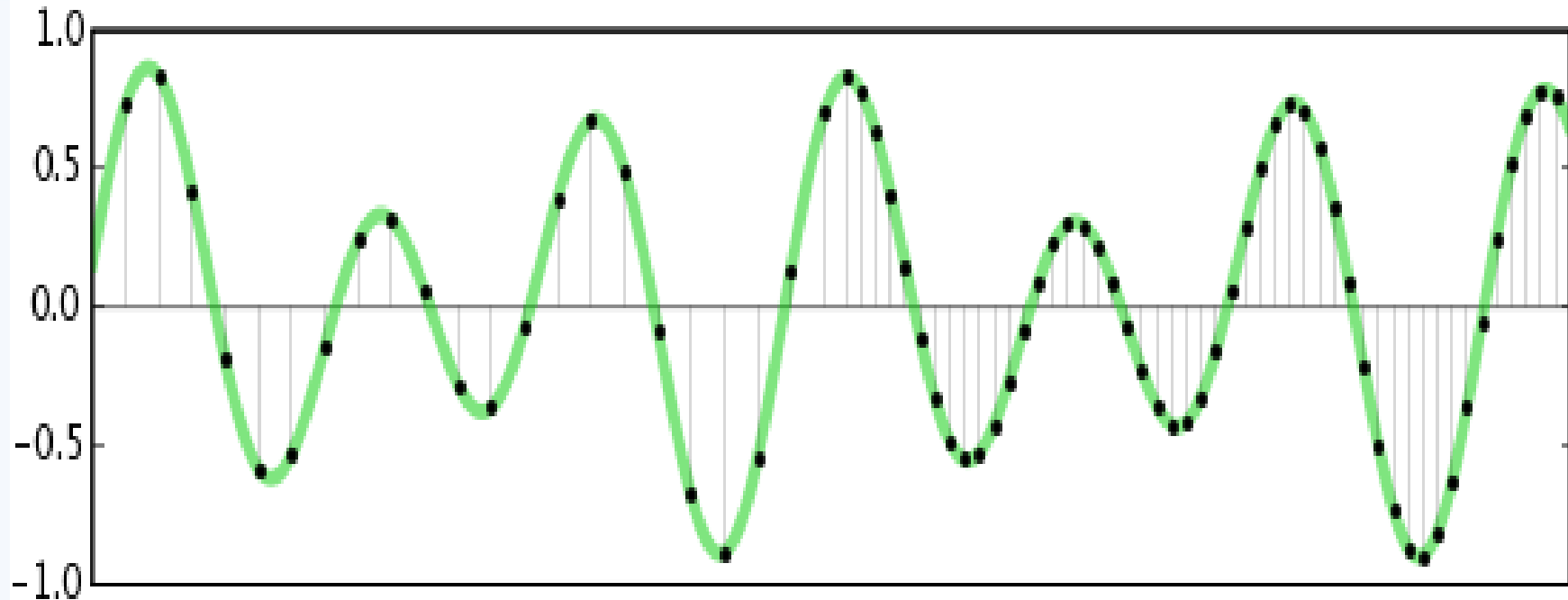
Δειγματοληψία είναι η διαδικασία κατά την οποία λαμβάνονται **δείγματα** από το αναλογικό σήμα **σε τακτά χρονικά διαστήματα**. Από το άπειρο πλήθος τιμών του συνεχούς αναλογικού σήματος, κρατάμε ένα πεπερασμένο σύνολο τιμών σε διακριτές χρονικές στιγμές.

Ο **ρυθμός δειγματοληψίας (Sampling Rate, SR)** είναι ο αριθμός των δειγμάτων ανά δευτερόλεπτο, μετριέται σε **KHz** και καθορίζει την **ποιότητα** του σήματος.

Η **συχνότητα δειγματοληψίας** πρέπει να είναι **τουλάχιστον διπλάσια από τη μέγιστη συχνότητα** ($f_{\text{δειγμ}} \geq f_{\text{max}}$) που περιέχεται στο σήμα (ώστε ο ψηφιακός ήχος να έχει παρόμοια ποιότητα με τον αναλογικό).

Καθώς στους ανθρώπους, το **ακουστικό φάσμα** (περιοχή ακουστών συχνοτήτων) εκτείνεται κατά προσέγγιση από τα **20 Hz** έως τα **20 KHz** (20.000 Hz), το **SR** πρέπει να είναι τουλάχιστον **40000 Hz**. Στο **CD** ο ρυθμός δειγματοληψίας είναι **44,1 KHz**, δηλαδή γίνεται μια μέτρηση του πλάτους του σήματος **44100 φορές** το δευτερόλεπτο.

Δειγματοληψία (sampling)

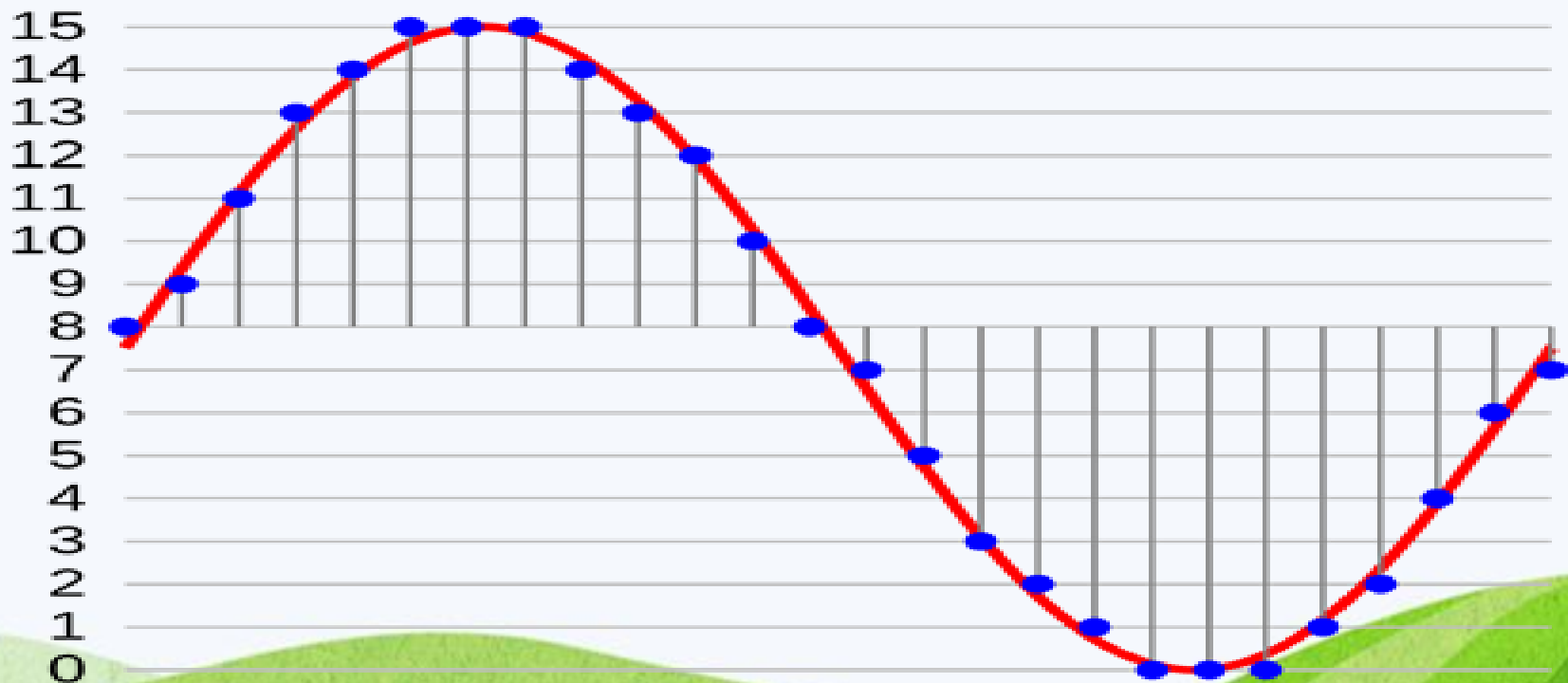


Σύγκριση χαμηλού ρυθμού δειγματοληψίας με υψηλό ρυθμό δειγματοληψίας

Κβάντιση (quantization)

Κβάντιση, είναι η αντιστοίχιση (στρογγυλοποίηση) κάθε δείγματος, στην κοντινότερη τιμή από ένα **πεπερασμένο** πλήθος από **προκαθορισμένες** στάθμες (τιμές).

Με τον τρόπο αυτό, επιβάλλουμε **διακριτές τιμές πλάτους** για κάθε **δείγμα**, δηλαδή περιορίζουμε τις άπειρες πιθανές τιμές του πλάτους. Μετά το πέρας της κβάντισης το σήμα είναι πλέον ψηφιακό (αλλά όχι απαραίτητα δυαδικό).



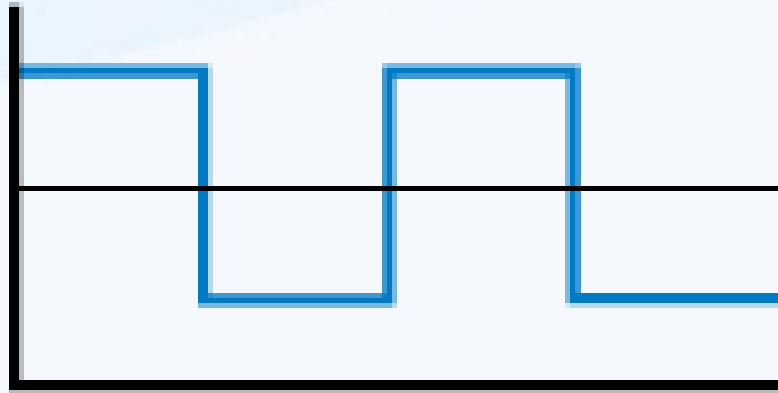
Κωδικοποίηση

Το τελικό στάδιο για την ψηφιοποίηση ενός αναλογικού σήματος είναι η κωδικοποίηση, δηλαδή η αντιστοίχιση κάθε διακριτής στάθμης πλάτους με ένα δυαδικό αριθμό, ώστε να είναι δυνατή η μεταφορά, επεξεργασία και αποθήκευση του σήματος σε υπολογιστικά συστήματα.

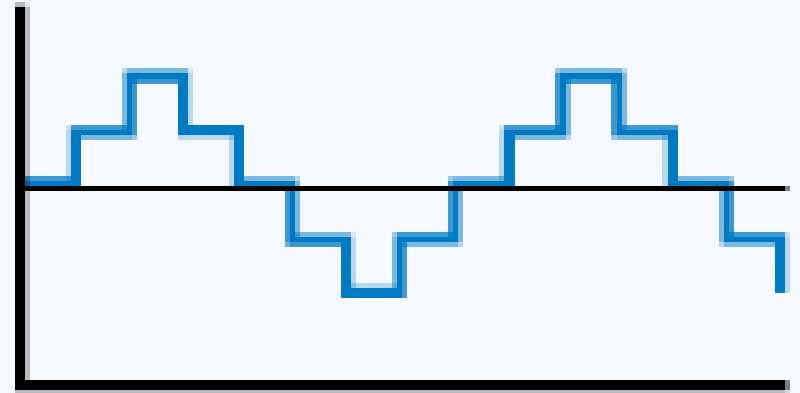
Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος κωδικοποίησης, είναι η παλμοκωδική διαμόρφωση (Pulse Code Modulation, PCM). Ο αριθμός των δυαδικών ψηφίων (bit) που διατίθενται για την αποθήκευση κάθε στάθμης καλείται εύρος δείγματος (sample width ή bit depth).

Το εύρος δείγματος καθορίζει το πλήθος των σταθμών κβάντισης. Για παράδειγμα, ένα ηχητικό σήμα με εύρος δείγματος 16 bit (ποιότητα CD) μπορεί να περιέχει 65.536 ($=2^{16}$) στάθμες.

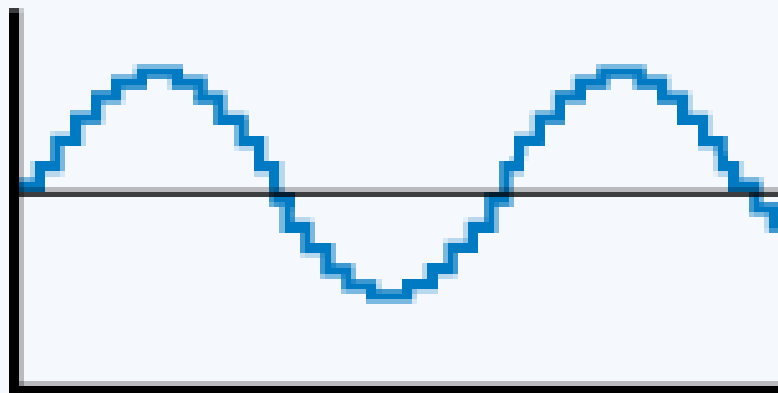
Κωδικοποίηση



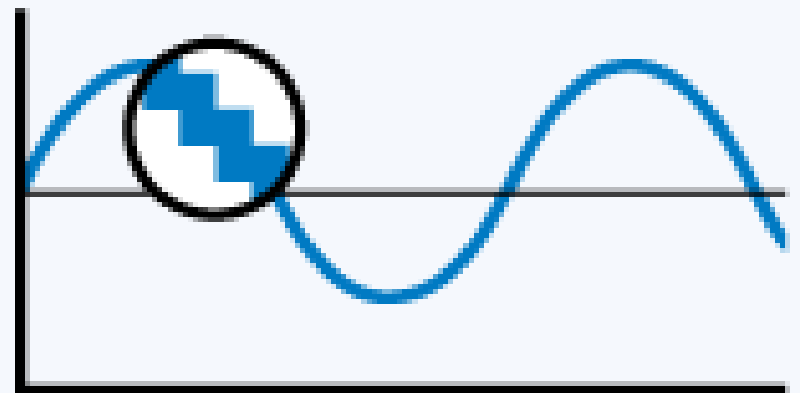
1-bit



2-bit



4-bit



16-bit

Τύποι αρχείων - Συμπίεση

- Ένα **ασυμπίεστο αρχείο ήχου**, αναπαράγει τον ήχο με τέλεια ποιότητα, αλλά καταλαμβάνει πολύ χώρο (περίπου 10 MB ανά λεπτό)
- Το αντίστοιχο **συμπιεσμένο με μη απωλεστική συμπίεση αρχείο ήχου**, καταλαμβάνει περίπου το μισό αποθηκευτικό χώρο, διατηρώντας την ίδια ποιότητα ήχου.
- Όμως οι πιο κοινοί μορφότυποι αφορούν τα **συμπιεσμένα με απωλεστική συμπίεση αρχεία ήχου**. Τα προγράμματα απωλεστικής συμπίεσης παίρνουν ένα αρχικό ασυμπίεστο αρχείο και μειώνουν το μέγεθος του πετώντας κάποια πληροφορία που εκείνα θεωρούν άχρηστη ή μη ζωτικής σημασίας για το τελικό αποτέλεσμα. Το συμπιεσμένο αρχείο που παράγουν είναι πολύ μικρότερο σε μέγεθος και χαμηλότερης ποιότητας ήχου σε σχέση με το αρχικό.

Ασυμπίεστα αρχεία ήχου



Οι μορφότυποι **WAVE** (Waveform Audio File Format ή WAV) (πρότυπο και **AIFF** (Audio Interchange File Format) είναι μορφότυποι αρχείου ήχου βασισμένοι στην κωδικοποίηση **PCM**, με κάποιες μικρές αλλαγές στην αποθήκευση δεδομένων.

Συνήθως χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση ασυμπίεστου (PCM) στερεοφωνικού (2 καναλιών) αρχείου ήχου, με δειγματοληψία 44,1 KHz στα 16 bit ("ποιότητα CD").

Μη απωλεστική συμπίεση



Apple Lossless file.m4a



FLAC file.flac

Απωλεστική συμπίεση



MP3 (MPEG Audio Layer 3)

Συμπίεσμένο αρχείο που Μπορεί να προσφέρει ποιότητα παρόμοια με του CD (stereo 16-bit) σε ένα αρχείο περίπου στο 1/10 του μεγέθους ενός .WAV



WMA (Windows Media Audio File)

Αρχείο ήχου συμπίεσμένο με το Windows Media το οποίο κατασκευάστηκε από την Microsoft και μπορεί να μετατραπεί σε άλλες πιο standardized μορφές. Χρησιμοποιείται κυρίως για την αναπαραγωγή μουσικής στο Διαδίκτυο.

Το πρότυπο MIDI

Το **MIDI** (Musical Instrument Digital Interface, Ψηφιακή Διασύνδεση Μουσικών Οργάνων) είναι το παλαιότερο (1983) και το πλέον διαδεδομένο **πρωτόκολλο μουσικής επικοινωνίας**, το οποίο επιτρέπει σε ηλεκτρονικά μουσικά όργανα (π.χ. *synthesizers*), υπολογιστές και άλλο ηλεκτρονικό εξοπλισμό (π.χ. *MIDI controllers*) να επικοινωνούν και να συγχρονίζονται μεταξύ τους ελέγχοντας το ένα το άλλο.

Η πληροφορία που μεταφέρεται **δεν αποτελεί σήμα ήχου** αλλά μηνύματα (**οδηγίες εκτέλεσης**) που αφορούν το **ποια νότα** πρέπει να παιχθεί, για **πόσο χρόνο** και **ένταση** και από **ποιο μουσικό όργανο**. Επομένως η "γλώσσα" MIDI ορίζει τον τρόπο αναπαραγωγής της μουσικής με τρόπο παρόμοιο με αυτόν μιας παρτιτούρας.

Τα πλεονεκτήματα του MIDI είναι ότι υπάρχει μεγαλύτερη ευελιξία στην **επεξεργασία της μουσικής MIDI** ενώ απαιτείται και **μικρότερος αποθηκευτικός χώρος** (ένα αρχείο MIDI είναι από 200 έως 1.000 φορές μικρότερο από ένα αρχείο ψηφιοποιημένου ήχου ποιότητας CD).

Δραστηριότητες

1. Δειγματοληψία ήχου (<http://goo.gl/EQn8AK>), μεταβάλλοντας τις παραμέτρους της δειγματοληψίας, θα παρατηρήσεις την κυματομορφή και το μέγεθος του αρχείου.
2. Φύλλο Εργασίας <http://goo.gl/bp0hQO>
3. Χρησιμοποιώντας το κατάλληλο πρόγραμμα επεξεργασίας ήχου (**π.χ. Audacity**), θα δημιουργήσεις μία ραδιοφωνική διαφήμιση (π.χ. με ηχογράφηση, μίξη αφήγησης με μουσική, εφέ μετάβασης, εξαγωγή σε μορφή mp3)
4. Αφαίρεση ανεπιθύμητης πληροφορίας, απομόνωση φωνητικής πληροφορίας, Λιάχνη Α. (<https://goo.gl/bFD4Sc>)
5. Δημιουργία ψηφιακού χαρακτήρα (avatar) στο voki, ηχογράφηση, επεξεργασία, μεταφόρτωση της ομιλίας του <http://goo.gl/rjiKR3>