

**ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΘΗΝΩΝ**



**ATHENS UNIVERSITY
OF ECONOMICS
AND BUSINESS**

Τεχνολογία Πολυμέσων

Ενότητα # 4: Ήχος

Διδάσκων: Γεώργιος Ξυλωμένος

Τμήμα: Πληροφορικής



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Οικονομικό 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.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



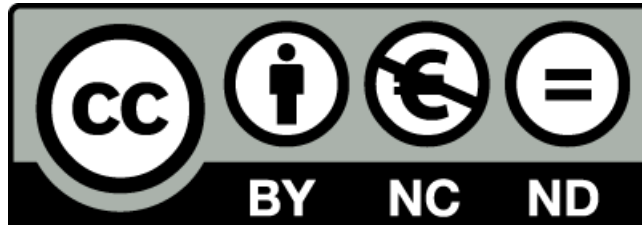
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Οι εικόνες προέρχονται από το βιβλίο «Τεχνολογία Πολυμέσων και Πολυμεσικές Επικοινωνίες», Γ.Β. Ξυλωμένος, Γ.Κ. Πολύζος, 1^η έκδοση, 2009, Εκδόσεις Κλειδάριθμος.



Σκοποί ενότητας

- Κατανόηση των βασικών χαρακτηριστικών του ήχου.
- Εισαγωγή στις βασικές τεχνικές ψηφιοποίησης και κβαντοποίησης σημάτων
- Κατανόηση της παλμοκωδικής διαμόρφωσης.
- Εισαγωγή στη συμβολική αναπαράσταση της μουσικής.

Περιεχόμενα ενότητας

- Χαρακτηριστικά του ήχου
- Ψηφιοποίηση με μετασχηματισμό
- Ψηφιοποίηση με δειγματοληψία
- Κβαντοποίηση δειγμάτων
- Παλμοκωδική διαμόρφωση
- Συμβολική αναπαράσταση
- Σύνθεση ήχου

**ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΘΗΝΩΝ**



**ATHENS UNIVERSITY
OF ECONOMICS
AND BUSINESS**

Χαρακτηριστικά του ήχου

Μάθημα: Τεχνολογία Πολυμέσων, **Ενότητα # 4:** Ήχος

Διδάσκων: Γιώργος Ξυλωμένος, **Τμήμα:** Πληροφορικής



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Τι είναι ο ήχος; (1 από 2)

- Παράγεται από ταλάντωση ενός υλικού
 - Δημιουργεί μεταβολές στην πίεση του αέρα
 - Η πίεση γίνεται αντιληπτή από τα αυτιά
 - Τελικά μεταδίδεται στον εγκέφαλο
- Διαδίδεται με κυματοειδή μορφή
 - Διάδοση και σε στερεά / υγρά
 - Αλλά με μεγάλες απώλειες
 - Δεν μπορεί να διαδοθεί στο κενό
 - Το μέσο μετάδοσης είναι απαραίτητο

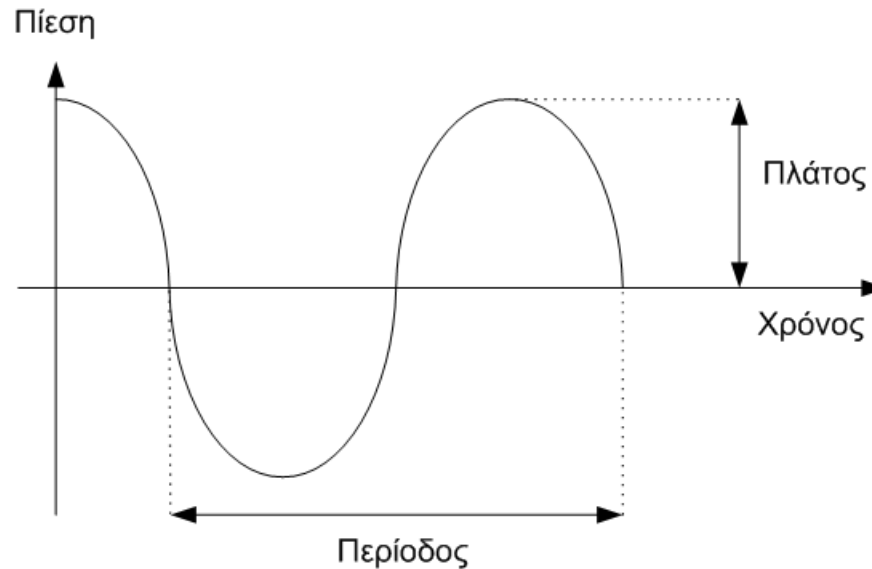
Τι είναι ο ήχος; (2 από 2)

- Η διάδοση έχει πολλά μονοπάτια
 - Το κύμα ανακλάται και διαθλάται
 - Κύριο σήμα και πολλές παραλλαγές
 - Αυτό που ακούμε εξαρτάται από το περιβάλλον
- Αντίληψη (γενικά) από δύο αυτιά
 - Δημιουργείται η αίσθηση της κατεύθυνσης
 - Πολλά ηχεία για προσομοίωση κατεύθυνσης
 - Χρειάζονται και πολλά μικρόφωνα για σύλληψη

Κατηγοριοποίηση ήχων

- Ακουστοί ήχοι: 20 Hz - 20 kHz
 - Ακουστικά σήματα (acoustic signals)
 - Αντιληπτά από το ανθρώπινο αυτί
 - Κάτω από 20 Hz: υπόηχοι
 - Πάνω από 20 kHz: υπέρηχοι
 - Στην πράξη, κάθε άνθρωπος διαφέρει
 - Με την ηλικία μειώνεται το άνω όριο
 - Μεγαλύτερη ευαισθησία κοντά στα 3 kHz

Ηχητικές κυματομορφές (1 από 2)



- Κυματομορφή (waveform)
 - Αναπαράσταση των μεταβολών της πίεσης
 - Το πλάτος δείχνει την πίεση σε κάθε στιγμή

Ηχητικές κυματομορφές (2 από 2)

- Πλάτος (amplitude): ένταση του ήχου
 - Μετατόπιση του κύματος από το μέσο όρο
- Περίοδος κυματομορφής
 - Οι περιοδικοί ήχοι είναι γενικά πιο μουσικοί
- Συχνότητα: αντίστροφο της περιόδου
 - Κύκλοι ανά δευτερόλεπτο (Hertz, Hz)
 - Ύψος του ήχου

Σύλληψη και αναπαραγωγή

- Μικρόφωνο: παλλόμενο διάφραγμα
 - Το κύμα διεγείρει το διάφραγμα
 - Η κίνηση μετατρέπεται σε ρεύμα
 - Με μαγνητικό ή άλλο τρόπο
- Μεγάφωνο: παλλόμενος κώνος
 - Το ρεύμα μετατρέπεται σε κίνηση
 - Με μαγνητικό τρόπο συνήθως
 - Ο κώνος διεγείρει τον αέρα

Ψηφιοποίηση

- Ηχητική κυματομορφή: αναλογικό σήμα
 - Περίπλοκη μαθηματική συνάρτηση $g(t)$
 - Οποιαδήποτε τιμή σε οποιαδήποτε στιγμή
 - Στον υπολογιστή έχουμε περιορισμούς
 - Πεπερασμένο πλήθος τιμών
 - Πεπερασμένη ακρίβεια τιμών
- Ψηφιοποίηση
 - Μετατροπή αναλογικού σε ψηφιακό

**ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΘΗΝΩΝ**



**ATHENS UNIVERSITY
OF ECONOMICS
AND BUSINESS**

Ψηφιοποίηση με μετασχηματισμό

Μάθημα: Τεχνολογία Πολυμέσων, **Ενότητα # 4:** Ήχος

Διδάσκων: Γιώργος Ξυλωμένος, **Τμήμα:** Πληροφορικής



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Μετασχηματισμός Fourier (1 από 3)

- Θεώρημα Fourier
 - Η $g(t)$ αναλύεται σε απλές συναρτήσεις
 - Μπορεί να είναι άπειρες...
 - Αρκεί να είναι περιοδική
 - $f=1/T$: θεμελιώδης συχνότητα
 - a_n και b_n : αρμονικές (harmonics) του σήματος

$$g(t) = \frac{1}{2}c + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin(2\pi nft) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \cos(2\pi nft)$$

Μετασχηματισμός Fourier (2 από 3)

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) \sin(2\pi nft) dt$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) \cos(2\pi nft) dt$$

$$c = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) dt$$

- Υπολογισμός συντελεστών $g(t)$
 - Ανασύνθεση με χρήση των συντελεστών
 - Οι συντελεστές είναι μία σειρά αριθμών

Μετασχηματισμός Fourier (3 από 3)

$$\sqrt{a_n^2 + b_n^2}$$

- Ενέργεια αρμονικής (RMS)
 - Δυστυχώς, δεν μειώνεται με το n
 - Οι αρμονικές μπορεί να είναι πάρα πολλές
- Προβλήματα με τους συντελεστές
 - Περιορισμένη ακρίβεια πράξεων
 - Περιορισμένη ακρίβεια αποθήκευσης
 - Περιορισμένο πλήθος συντελεστών

**ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΘΗΝΩΝ**



**ATHENS UNIVERSITY
OF ECONOMICS
AND BUSINESS**

Ψηφιοποίηση με δειγματοληψία

Μάθημα: Τεχνολογία Πολυμέσων, **Ενότητα # 4:** Ήχος

Διδάσκων: Γιώργος Ξυλωμένος, **Τμήμα:** Πληροφορικής



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



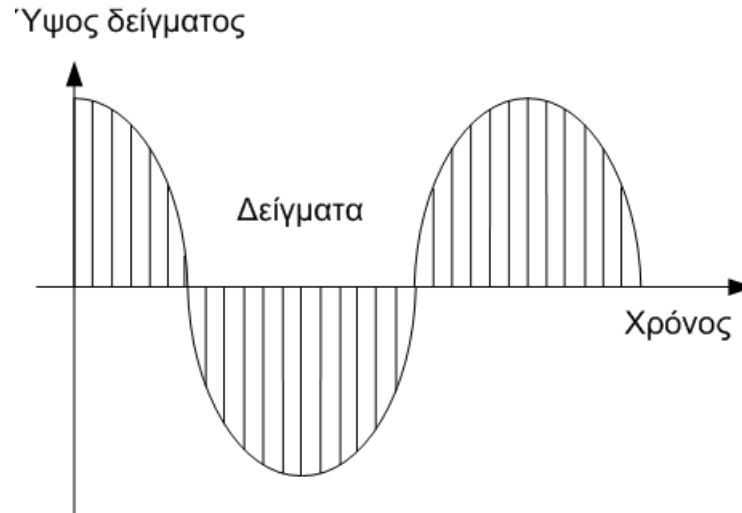
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Δειγματοληψία (1 από 3)



- Ψηφιοποίηση με δειγματοληψία
 - Μέτρηση πλάτους κυματομορφής
 - Κάθε μέτρηση ονομάζεται δείγμα (sample)
 - Διακριτή διάσταση χρόνου

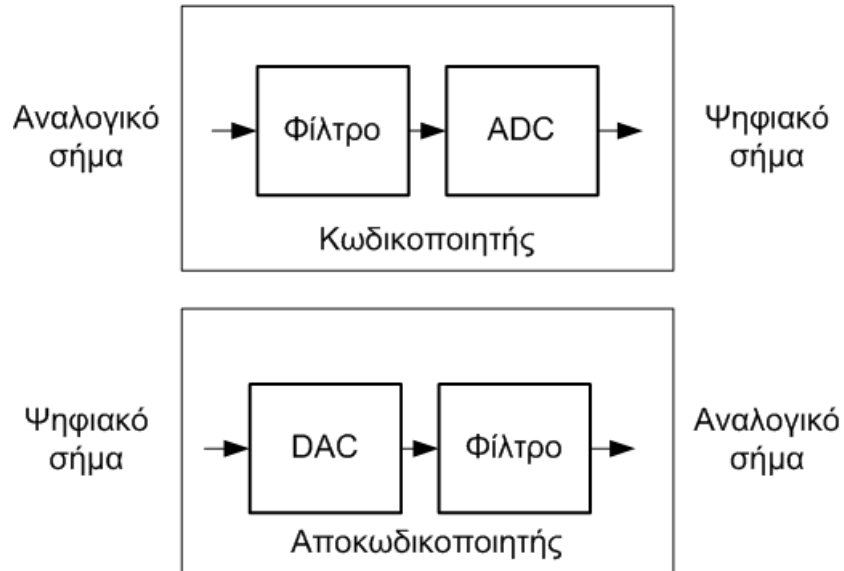
Δειγματοληψία (2 από 3)

- Ρυθμός δειγματοληψίας (sampling rate)
 - Μετριέται σε Hz (δείγματα / δευτερόλεπτο)
 - 44,1 kHz στα CD, 8 kHz στην τηλεφωνία
- Θεώρημα δειγματοληψίας του Nyquist
 - Έστω σήμα με μέγιστη συχνότητα f
 - Θεωρούμε ότι περνάει από φίλτρο με όριο την f
 - Ρυθμός δειγματοληψίας τουλάχιστον $2f$
 - Αποφεύγεται η απώλεια πληροφορίας

Δειγματοληψία (3 από 3)

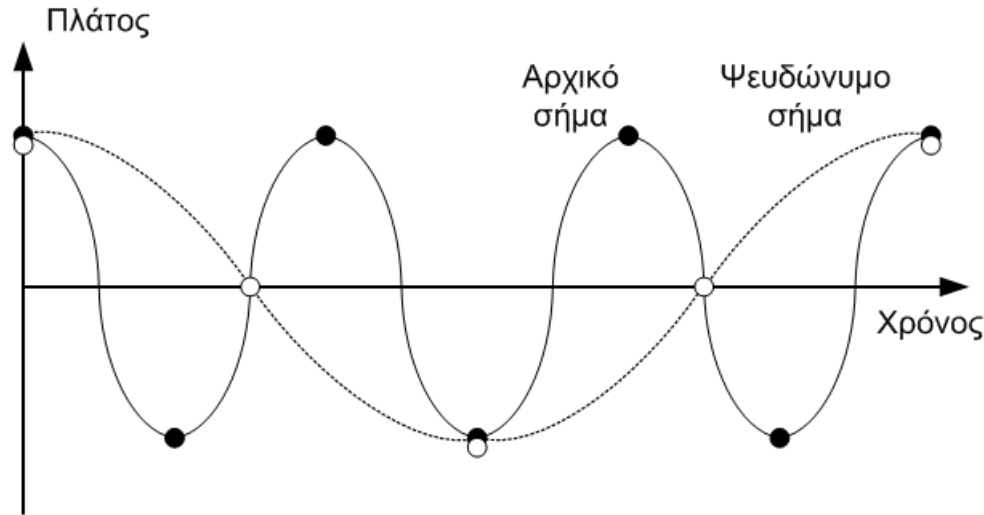
- Παραλλαγή με περιορισμένο εύρος ζώνης
 - Έστω σήμα με συχνότητες στο διάστημα $[f_1, f_2]$
 - Θεωρούμε ότι περνάει από φίλτρα με όρια f_1 και f_2
 - Ρυθμός δειγματοληψίας τουλάχιστον $2(f_2 - f_1)$
 - Μεταφορά σε $[0, f_2 - f_1]$
 - Αποφεύγεται η απώλεια πληροφορίας
- Το θεώρημα λέγεται και Nyquist-Shannon
 - Και Whittaker-Nyquist-Shannon

Μετατροπείς (1 από 3)



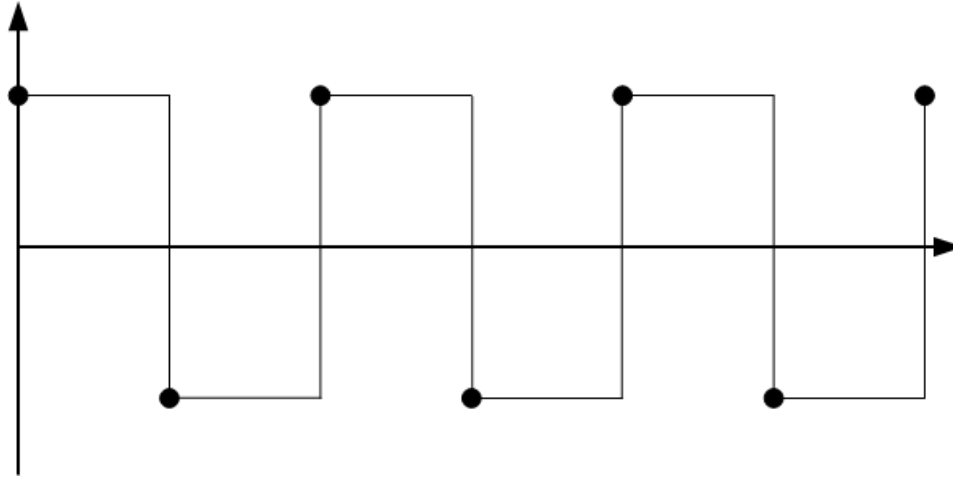
- Διατάξεις μετατροπής
 - ADC: Μετατροπή αναλογικού σε ψηφιακό
 - DAC: Μετατροπή ψηφιακού σε αναλογικό
 - Φίλτρα πριν το ADC και μετά το DAC

Μετατροπείς (2 από 3)



- Γιατί φίλτρο πριν τον κωδικοποιητή;
 - Ψευδώνυμα σήματα (alias signals)
 - Μαύρες κουκκίδες: επαρκής δειγματοληψία
 - Λευκές κουκκίδες: ανεπαρκής δειγματοληψία
 - Το φίλτρο αποκόπτει συχνότητες άνω των f Hz

Μετατροπείς (3 από 3)



- Γιατί φίλτρο μετά τον αποκωδικοποιητή;
 - Τα δείγματα αναπαράγονται περιοδικά
 - Η έξοδος έχει τετραγωνική κυματομορφή
 - Περιέχει συχνότητες πολύ πάνω από f Hz
 - Το φιλτραρισμένο σήμα είναι πιο φυσικό

**ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΘΗΝΩΝ**



**ATHENS UNIVERSITY
OF ECONOMICS
AND BUSINESS**

Κβαντοποίηση δειγμάτων

Μάθημα: Τεχνολογία Πολυμέσων, **Ενότητα # 4:** Ήχος

Διδάσκων: Γιώργος Ξυλωμένος, **Τμήμα:** Πληροφορικής



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

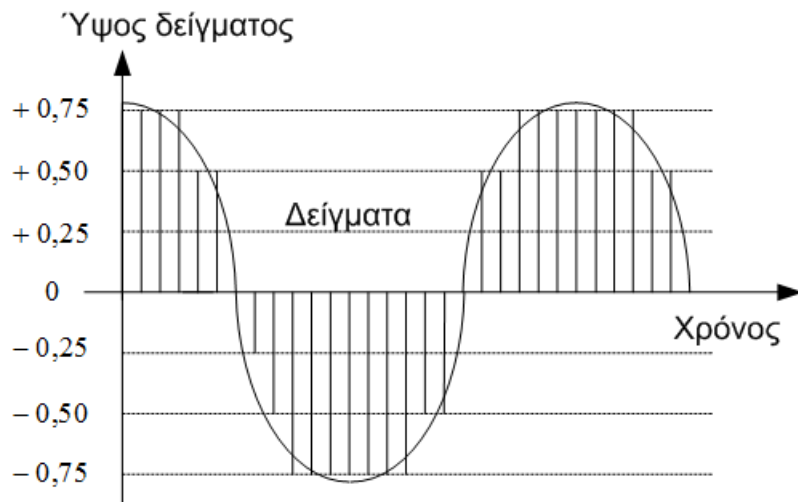


ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Κβαντοποίηση (1 από 2)



- Κβαντοποίηση (quantization)
 - Αναπαράσταση συνεχών με διακριτές τιμές
 - Κάθε δείγμα προσεγγίζεται με μία τιμή
 - Διακριτή διάσταση πλάτους

Κβαντοποίηση (2 από 2)

- Επηρεάζει την ποιότητα
 - 16 bits: 65536 τιμές, 8 bits: 256 τιμές
 - Λιγότερες τιμές, μεγαλύτερο σφάλμα
 - Σφάλμα κβαντοποίησης (quantization error)
- Πόσα επίπεδα χρειαζόμαστε;
 - Δεν υπάρχει γενικό θεώρημα
 - Θέτουμε άνω όριο στο σφάλμα
 - Με πόσα bit επιτυγχάνεται το όριο;

Σφάλμα κβαντοποίησης

- Υπολογισμός σφάλματος κβαντοποίησης
 - Έστω σήμα εισόδου με πλάτος $-V$ έως $+V$
 - Έστω n bit για την κβαντοποίηση
 - Πλάτος διαστήματος $q = 2V / 2^n$
 - Υποθέτουμε γραμμική κβαντοποίηση
 - Μέγιστο σφάλμα κβαντοποίησης
 - $q/2 = V / 2^n$ (το μισό του διαστήματος)
 - Πόσο σφάλμα είναι αποδεκτό;

Επίπεδα κβαντοποίησης (1 από 4)

- 1^η προσέγγιση: Δυναμικό εύρος
 - Το ελάχιστο αντιληπτό σήμα έχει πλάτος v
 - Το μέγιστο ανεκτό σήμα έχει πλάτος V
 - Δυναμικό εύρος σήματος
 - $10 \log_{10}(V^2/v^2) \text{ dB} = 20 \log_{10}(V/v) \text{ dB}$
 - Ενέργεια: ανάλογη με το τετράγωνο του πλάτους

Επίπεδα κβαντοποίησης (2 από 4)

- Χρήση δυναμικού εύρους
 - Σφάλμα < ελάχιστο αντιληπτό σήμα
 - Ουσιαστικά είναι το σφάλμα κβαντοποίησης
 - $V / 2^n < v \Rightarrow V / v < 2^n$
 - $\log_{10}(V/v) < n \log_{10}2 = 0,3 n$
 - $20 \log_{10}(V/v) < 6 n$
 - Αν το δυναμικό εύρος είναι 40 dB, τότε $n \geq 7$
 - Άρα, θέλουμε τουλάχιστον 7 bit

Επίπεδα κβαντοποίησης (3 από 4)

- 2^η προσέγγιση: Λόγος σήματος προς θόρυβο
 - Έστω σήμα με πλάτος S
 - Έστω θόρυβος με πλάτος N
 - SNR: $10 \log_{10}(S^2/N^2) \text{ dB} = 20 \log_{10}(S/N) \text{ dB}$
 - Ενέργεια: ανάλογη με το τετράγωνο του πλάτους

Επίπεδα κβαντοποίησης (4 από 4)

- Χρήση SNR
 - $20 \log_{10}(V/(q/2))$
 - Θόρυβος είναι το σφάλμα κβαντοποίησης $q/2$
 - $20 \log_{10}(V/(V / 2^n))$
 - Τελικά λοιπόν $20 \log_{10}2^n = 6 n$
 - Έστω ότι θέλουμε $SNR > 40$ dB
 - Για να ισχύει $6 n > 40$ dB πρέπει $n \geq 7$

**ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΘΗΝΩΝ**



**ATHENS UNIVERSITY
OF ECONOMICS
AND BUSINESS**

Παλμοκωδική διαμόρφωση

Μάθημα: Τεχνολογία Πολυμέσων, **Ενότητα # 4:** Ήχος

Διδάσκων: Γιώργος Ξυλωμένος, **Τμήμα:** Πληροφορικής



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Τύποι PCM (1 από 5)

- Παλμοκωδική διαμόρφωση (PCM)
 - Απλή περιοδική δειγματοληψία
 - Χωρίς μνήμη: κάθε δείγμα είναι ανεξάρτητο
 - Αναπαραγωγή από οποιοδήποτε δείγμα
- Γραμμική (linear) κβαντοποίηση
 - Ίσα διαστήματα τιμών δειγμάτων
 - Μία τιμή ανά διάστημα
 - Αυτό έχουμε υποθέσει ως τώρα

Τύποι PCM (2 από 5)

- Audio CD: πρότυπο CD-DA
 - Γραμμική κβαντοποίηση: ίδια ακρίβεια παντού
 - Μεγαλύτερη πιστότητα για τυχαίους ήχους
 - Εύρος συχνοτήτων 20 kHz
 - Δειγματοληψία 44,1 kHz (48 kHz στο DAT)
 - Κβαντοποίηση με τιμές των 16 bit
 - Ρυθμός μετάδοσης 1,411 Mbps
 - Στερεοφωνικός ήχος (δύο κανάλια)

Τύποι PCM (3 από 5)

- Λογαριθμική (logarithmic) κβαντοποίηση
 - Λογαριθμίζουμε και μετά κβαντοποιούμε
 - Η ίδια η κβαντοποίηση γίνεται γραμμικά
 - Αντιστρέφουμε στον αποκωδικοποιητή
 - Compressor + expander = compander
 - Συμπιέζουμε το ένα άκρο του σήματος
 - Μεγαλύτερη ακρίβεια στο άλλο άκρο

Τύποι PCM (4 από 5)

- Γιατί να δώσουμε έμφαση στο ένα άκρο;
 - Είτε το σήμα έχει περισσότερη πληροφορία εκεί
 - Είτε η αντίληψή μας είναι πιο οξεία εκεί
- Το αυτί μας ακούει λογαριθμικά
 - Όσο μεγαλώνει η ένταση...
 - ...τόσο μεγαλύτερες διαφορές χρειάζονται
 - Άρα θέλουμε περισσότερη πληροφορία χαμηλά

Τύποι PCM (5 από 5)

- Φωνητική τηλεφωνία: πρότυπο ITU G.711
 - Λογαριθμική: συμπιέζει τα υψηλά πλάτη
 - Τροποποίηση πριν/μετά τη δειγματοληψία
 - A-law (Ευρώπη), μ-law (Αμερική / Ιαπωνία)
 - Εύρος 3.1-3.5 kHz, δειγματοληψία 8 kHz
 - Τιμές των 8 bit (ή 7 bit)
 - Ισοδύναμα με 12-14 bit σε γραμμική κβαντοποίηση
 - Ρυθμός μετάδοσης 64 Kbps

**ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΘΗΝΩΝ**



**ATHENS UNIVERSITY
OF ECONOMICS
AND BUSINESS**

Συμβολική αναπαράσταση

Μάθημα: Τεχνολογία Πολυμέσων, **Ενότητα # 4:** Ήχος

Διδάσκων: Γιώργος Ξυλωμένος, **Τμήμα:** Πληροφορικής



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Πρότυπο MIDI (1 από 4)

- Συμβολική αναπαράσταση: MIDI
 - Προδιαγραφές υλικού διασύνδεσης
 - Βύσματα, ηλεκτρικά σήματα
 - Προδιαγραφές μορφοποίησης δεδομένων
- Επικοινωνία μουσικών συσκευών
 - Κλαβιέ (controller)
 - Παραγωγοί ήχου (sound modules)
 - Αποθήκες πληροφορίας (sequencers)

Πρότυπο MIDI (2 από 4)

- Τα μηνύματα MIDI περιγράφουν γεγονότα
 - Ενέργειες που εκτελεί ένας μουσικός
 - Πάτημα και απελευθέρωση πλήκτρων (νότας)
 - Συχνότητα και ταχύτητα (ένταση) της νότας
 - Οι συσκευές είναι συνδεδεμένες σε σειρά
 - Κάθε συσκευή φιλτράρει τα δικά της μηνύματα
 - Υπάρχουν και μηνύματα συστήματος

Πρότυπο MIDI (3 από 4)

- 16 κανάλια γεγονότων
 - Ελέγχουν ένα ή περισσότερα όργανα
 - Μονοφωνικά ή πολυφωνικά όργανα
- Κάθε κανάλι αντιστοιχεί σε κάποιο ήχο
 - Ο ήχος ονομάζεται και patch
 - Ορολογία από τα αναλογικά συνθεσάιζερ
 - General MIDI: 128 τυποποιημένα όργανα
 - Κάθε συσκευή τα προσεγγίζει όπως μπορεί

Πρότυπο MIDI (4 από 4)

- Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα MIDI
 - Οικονομική αναπαράσταση
 - Δυνατότητα συμβολικής επεξεργασίας
 - Αποτέλεσμα ανάλογο με το υλικό
 - Διαφέρει σημαντικά από συσκευή σε συσκευή
 - Κατάλληλο μόνο για μουσικά όργανα
 - Βασίζεται στη δομή συγκεκριμένων ήχων
 - Δεν είναι κατάλληλο π.χ. για ανθρώπινη φωνή

**ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΘΗΝΩΝ**



**ATHENS UNIVERSITY
OF ECONOMICS
AND BUSINESS**

Σύνθεση ήχου

Μάθημα: Τεχνολογία Πολυμέσων, **Ενότητα # 4:** Ήχος

Διδάσκων: Γιώργος Ξυλωμένος, **Τμήμα:** Πληροφορικής



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Σύνθεση ήχου (1 από 3)

- Αφαιρετική σύνθεση (π.χ. Moog)
 - Η γεννήτρια παράγει κύμα συγκεκριμένης μορφής
 - Ημιτονοειδές, τετραγωνικό, πριονωτό
 - Μετά τη γεννήτρια εφαρμόζουμε φίλτρα
 - Αποκόπτουν μέρος των συχνοτήτων
 - High pass, low pass, bandpass
 - Συνδυασμός γεννητριών
 - Η μία τροποποιεί το αποτέλεσμα της άλλης (LFO)

Σύνθεση ήχου (2 από 3)

- Χρήση γεννήτριας συχνοτήτων (FM)
 - Δύο (τουλάχιστον) ημιτονοειδή κύματα
 - Το ένα κύμα διαμορφώνει το άλλο
 - Η διαμόρφωση γίνεται ψηφιακά (DSP)
 - Μπορεί να διαφέρουν και σε φάση
 - Μπορεί να έχουμε περισσότερα κύματα
 - Μπορεί να έχουμε πολυφωνία

Σύνθεση ήχου (3 από 3)

- Αναπαραγωγή δειγμάτων (wavetable)
 - Καταγραφή δειγμάτων από όργανα
 - Τροποποίηση συχνότητας για άλλες νότες
 - Αποθήκευση πολλών δειγμάτων ανά όργανο
 - Γενική μορφή: sampling synths
 - Απαιτεί χώρο και επεξεργαστική ισχύ
 - Αλλά αποδίδει οποιονδήποτε ήχο

**ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΘΗΝΩΝ**



**ATHENS UNIVERSITY
OF ECONOMICS
AND BUSINESS**

Τέλος Ενότητας #4

Μάθημα: Τεχνολογία Πολυμέσων, **Ενότητα # 4:** Ήχος
Διδάσκων: Γιώργος Ξυλωμένος, **Τμήμα:** Πληροφορικής



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

