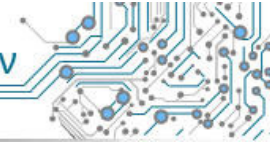




ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών



ΘΕΩΡΙΑ ΣΗΜΑΤΩΝ & ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Γεράσιμος Ποταμιάνος

*Αναπλ. Καθηγητής,
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών
και Μηχανικών Υπολογιστών*

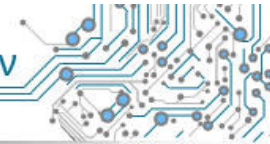
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

<http://www.inf.uth.gr/~gpotamianos>



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών



ΘΕΩΡΙΑ ΣΗΜΑΤΩΝ & ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Ενότητα 0: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ ΜΑΘΗΜΑ

0.1. Διαδικαστικά

0.2. Στόχοι / Αντικείμενο

0.3. Βιβλιογραφία

0.4. Βασικές Έννοιες Μαθήματος

0.5. Προαπαιτούμενα Μαθηματικά



0.1. Διαδικαστικά (I)

- **Παράδοση:** Τετάρτη 16:00 – 18:00, Πέμπτη: 13:00 – 15:00, Αμφ. Σαράτση
- **Διδάσκων:** Αν. Καθ. Γεράσιμος Ποταμιάνος [gprotamianos@e-ce.uth.gr]
- **Γραφείο:** Γ3/2 (κτ. Δεληγιώργη)
- **Ώρες Γραφείου:** Πέμπτη 11:00 – 13:00 (ή κατόπιν συνεννόησης)
- **Ηλεκτρονική Ιστοσελίδα Μαθήματος:**
<http://eclass.uth.gr/eclass/courses/MHX231/>
- **Προαπαιτούμενα:** Λογισμός I, Λογισμός II.
- **Εξέταση:** Κλειστά βιβλία – όχι σημειώσεις – θα δοθεί τυπολόγιο.
- **Αίθουσες εξέτασης:** Υποχρεωτική τήρηση της κατανομής φοιτητών στις αίθουσες (όπως αυτή ανακοινώνεται πριν την εξέταση).





0.1. Διαδικαστικά (II)

▪ Βαθμολογία:

- Εξέταση 1 (**midterm**) 35% + Εξέταση 2 (**final**) 65%
– ή (max) –
- Εξέταση 1 (**midterm**) 32% + Εξέταση 2 (**final**) 60% + **Σειρές Ασκήσεων** 8% (ατομική εργασία)
– ή (max) –
- Εξέταση 2 (**final**) 100%
– ή (max) –
- Εξέταση 2 (**final**) 92% + **Σειρές Ασκήσεων** 8% (ατομική εργασία)

Bonus: Υπολογιστική Εργασία με βάση το **MATLAB** = +5% (Προαιρετική, σε ομάδες μέχρι 2 ατόμων).





0.2. Στόχοι / Αντικείμενο Μαθήματος (I)

- **Στόχοι:** Κατανόηση βασικών εννοιών, ιδιοτήτων, και μεθόδων επεξεργασίας σημάτων και συστημάτων, συνεχούς και διακριτού χρόνου.
- Αποτελεί **θεμελιώδες μάθημα** στην κατεύθυνση σημάτων, τηλεπικοινωνιών, και δικτύων του προγράμματος σπουδών του τμήματος.
- **Κεντρικές ιδέες:**
 - **Σήματα:** μεταφέρουν πληροφορία για συμπεριφορά / φύση φαινομένου.
 - **Συστήματα:** ανταποκρίνονται σε σήματα / παράγουν / επεξεργάζονται σήματα.
 - **Χρόνος:** **Συνεχής** ή **διακριτός**.
 - **Αναπαράσταση / επεξεργασία** στο **χρόνο** ή **συχνότητα** (μ/σ Fourier).
 - **Εφαρμογές.**





0.2. Στόχοι / Αντικείμενο Μαθήματος (II)

- Καλύπτει μεταξύ άλλων:
 - Στοιχειώδη σήματα συνεχούς και διακριτού χρόνου.
 - Συνέλιξη σημάτων.
 - Σειρές Fourier και μετασχηματισμός Fourier συνεχούς χρόνου.
 - Μετασχηματισμός Fourier διακριτού χρόνου.
 - Θεώρημα δειγματοληψίας
 - Γραμμικά χρονικά-αμετάβλητα συστήματα
 - Περιγραφή τους με διαφορικές εξισώσεις / εξισώσεις διαφορών.
 - Ανάλυση τους στα πεδία του χρόνου και συχνότητας.
 - Μετασχηματισμός Laplace για συστήματα συνεχούς χρόνου.
 - Μετασχηματισμός Z για συστήματα διακριτού χρόνου.
 - Εφαρμογές των ανωτέρω σε πρακτικά σήματα και συστήματα.





0.3. Βιβλιογραφία Μαθήματος

▪ Επίσημο βιβλίο μαθήματος:

- Ελληνική μετάφραση του A.V. Oppenheim and A.S. Willsky, with S.H. Nawab, *Signals and Systems*, 2nd Ed., Prentice-Hall, 1997.

▪ Επιπρόσθετη βιβλιογραφία:

- Γ. Καραγιάννης και Π. Μαραγκός, *Βασικές Αρχές Σημάτων και Συστημάτων*, Εκδ. Παπασωτηρίου, 2011.
- Σ. Θεοδωρίδης, Κ. Μπερμπερίδης, και Λ. Κοφίδης, *Εισαγωγή στη Θεωρία Σημάτων και Συστημάτων*, Εκδ. Τυπωθήτω, 2005.
- J.R. Buck, M.M. Daniel, and A.C. Singer, *Computer Explorations in Signals and Systems Using Matlab*, 2nd Edition, Prentice Hall, 2002.





0.4. Βασικές Έννοιες – ΣΗΜΑΤΑ (I)

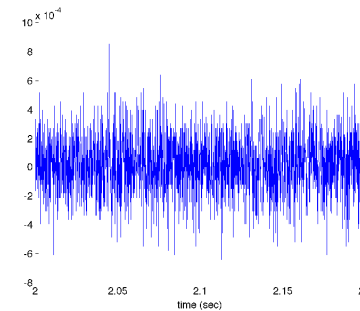
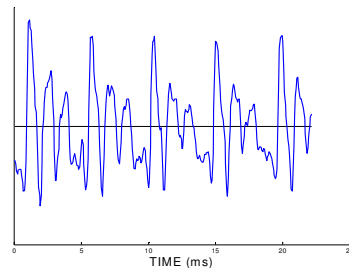
- Τι είναι ένα σήμα (signal):
 - Περιέχει / μεταφέρει πληροφορία για τη συμπεριφορά ή φύση κάποιου φαινομένου.
 - Μπορούμε να το σκεφτούμε ως μία συνάρτηση.
- Διάφορες περιπτώσεις σημάτων με:
 - Ανεξάρτητη μεταβλητή που μπορεί να είναι 1-D (π.χ. χρόνος στο σήμα φωνής) , 2-D (άξονες x, y στο σήμα μίας εικόνας), 3-D ($x, y, frame\ number$ στο σήμα βίντεο), κ.τ.λ.
 - Τιμές που μπορεί να είναι βαθμωτές (scalar) η διανυσματικές (vector-valued) – π.χ. μία έγχρωμη εικόνα μπορεί να έχει 3 τιμές σε κάθε εικονοστοιχείο.
 - Τιμές που είναι ντετερμινιστικές (deterministic) ή τυχαίες (random).
- Μελετούμε μονοδιάστατα, βαθμωτά, ντετερμινιστικά σήματα (1-D, scalar, deterministic).
- Η ανεξάρτητη μεταβλητή τους μπορεί να παίρνει:
 - Συνεχείς τιμές → σήματα συνεχούς χρόνου → συμβολίζονται ως: $x(t)$
 - Διακριτές τιμές → σήματα διακριτού χρόνου → συμβολίζονται ως: $x[n]$



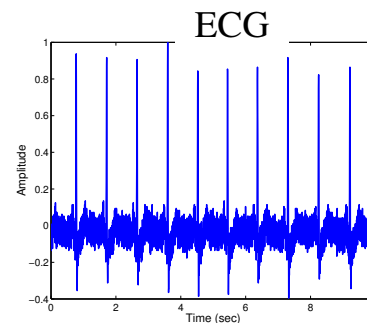


0.4. Βασικές Έννοιες – ΣΗΜΑΤΑ (II)

- Παραδείγματα σημάτων (1D, scalar):
 - Ακουστικά σήματα φωνής ή θορύβου.



- Ταχύτητα αυτοκινήτου, $v(t)$.
- Ηλεκτρικό σήμα ρεύματος, $I(t)$, ή τάσης, $V(t)$, σε ένα ηλεκτρικό δίκτυο.
- Βιοϊατρικά σήματα.
- Οικονομικές χρονοσειρές.





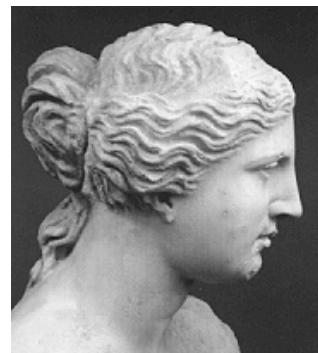
0.4. Βασικές Έννοιες – ΣΗΜΑΤΑ (III)

- Παραδείγματα σημάτων (multi-D ή/και vector-valued):
 - Δυαδική εικόνα (binary image).
 - Γκριζα εικόνα (grey scale image).
 - Έγχρωμη εικόνα (π.χ. RGB image).
 - Σήμα βίντεο – χρονική σειρά εικόνων (video = image sequence).

LEVEL SET 80



IMAGE





0.4. Βασικές Έννοιες – ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ (I)

- Τι είναι ένα σύστημα (system):
 - Ένα «μαύρο κουτί» που παράγει σήματα, ανταποκρίνεται σε σήματα, επεξεργάζεται σήματα.
 - Είσοδος: ένα ή περισσότερα σήματα (single input / multiple input).
 - Έξοδος: ένα ή περισσότερα σήματα (single output / multiple output).
 - Εδώ θα ασχοληθούμε αποκλειστικά με συστήματα μίας εισόδου, μίας εξόδου (SISO – single input, single output).
- Όπως και στα σήματα, έτσι κι εδώ έχουμε συστήματα συνεχούς ή διακριτού χρόνου.
- Μας ενδιαφέρει ιδιαίτερα μια υποκατηγορία συστημάτων, δηλ. τα γραμμικά, χρονικά αναλλοίωτα (Γ.Χ.Α.) συστήματα – Linear, time (shift) invariant (LTI / LSI).
- Θα δούμε πολλούς τρόπους περιγραφής συστημάτων. Π.χ., σχέση εισόδου-εξόδου:
 - Συστήματα συνεχούς χρόνου: $y(t) = T [x(t)]$
 - Συστήματα διακριτού χρόνου: $y[n] = T [x[n]]$

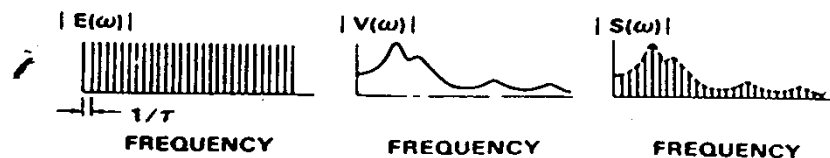
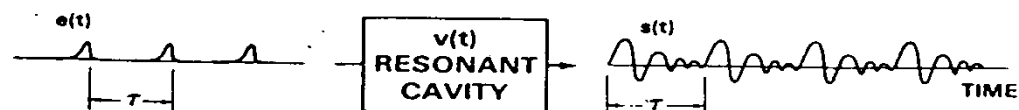
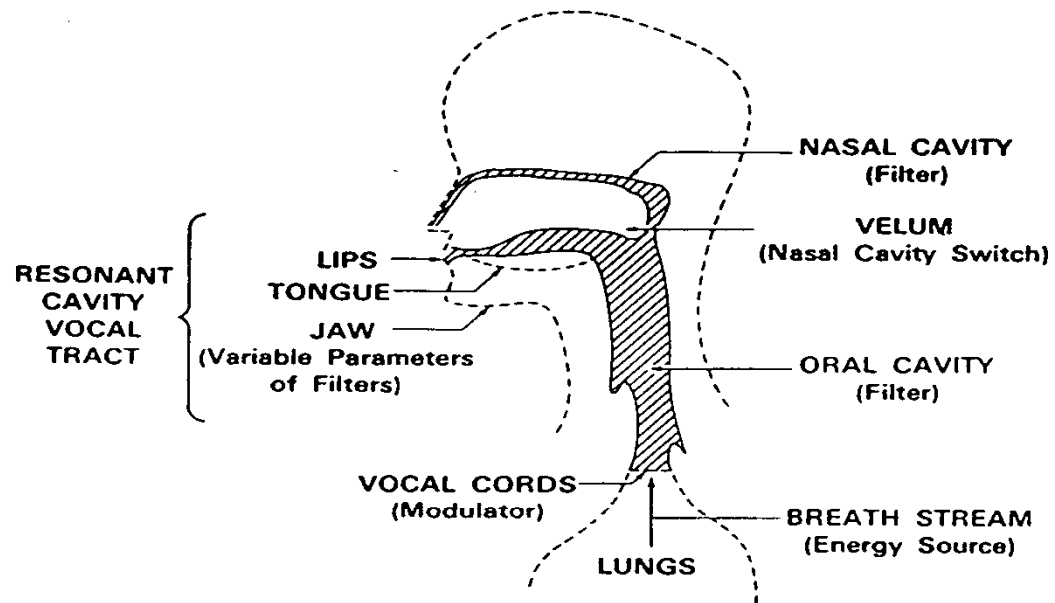




0.4. Βασικές Έννοιες – ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ (II)

■ Παραδείγματα συστημάτων:

- Σύστημα παραγωγής φωνής (φωνητικός σωλήνας).

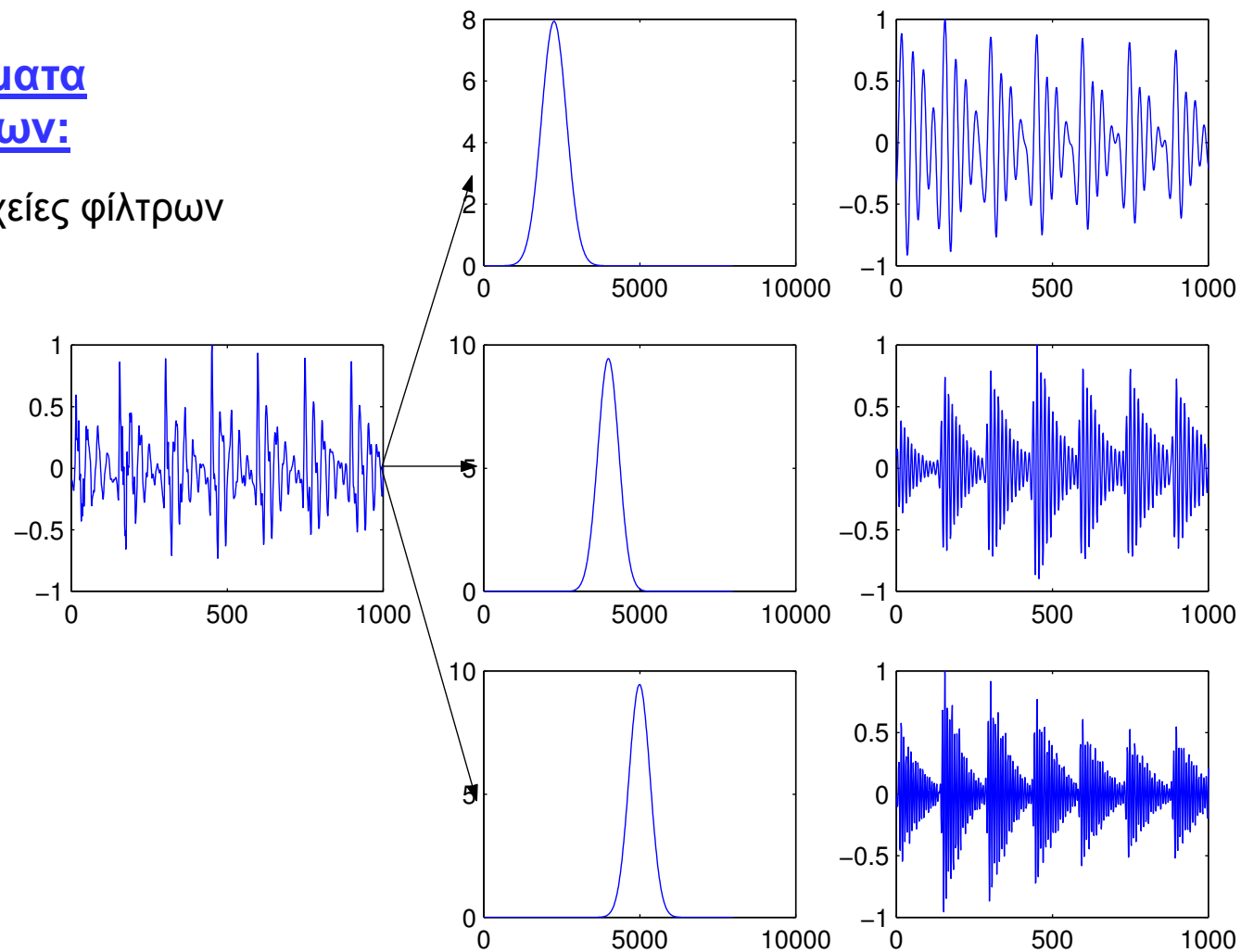




0.4. Βασικές Έννοιες – ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ (III)

■ Παραδείγματα συστημάτων:

- Συστοιχείες φίλτρων

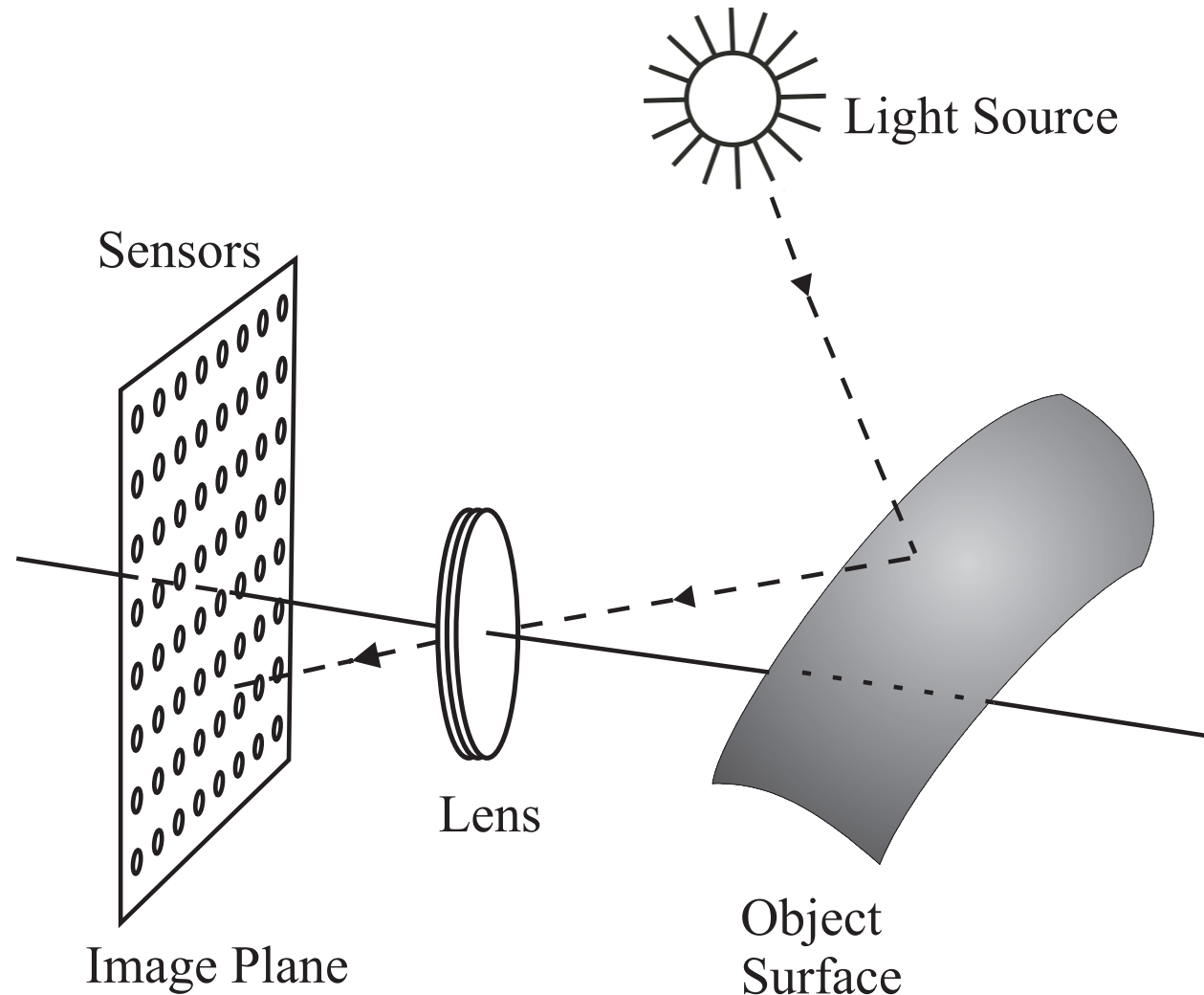




0.4. Βασικές Έννοιες – ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ (IV)

- Παραδείγματα συστημάτων:

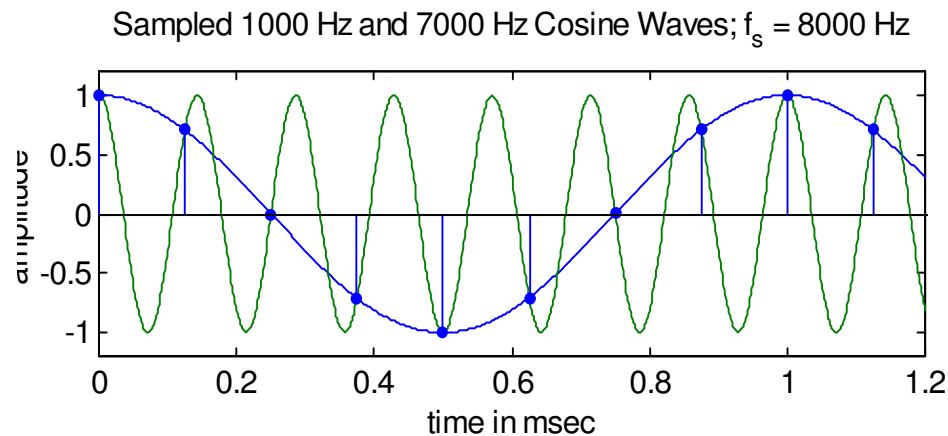
- Φωτογραφική μηχανή





0.4. Βασικά – ΣΥΝΕΧΗΣ / ΔΙΑΚΡΙΤΟΣ ΧΡΟΝΟΣ (I)

- Ιστορικά, τα δύο πεδία αναπτύχθηκαν **ξεχωριστά**.
 - Ωστόσο, έχει υπάρξει **σύγκλιση** τις τελευταίες δεκαετίες.
 - Στο μάθημα θα τα μελετήσουμε **παράλληλα**.
- Βασική σύνδεση μεταξύ των δύο αποτελούν η:
 - **Δειγματοληψία** σημάτων (**sampling**: continuous-to-discrete (**C→D**)).
 - **Ανακατασκευή** σημάτων (**reconstruction**: discrete-to-continuous (**D→C**)).



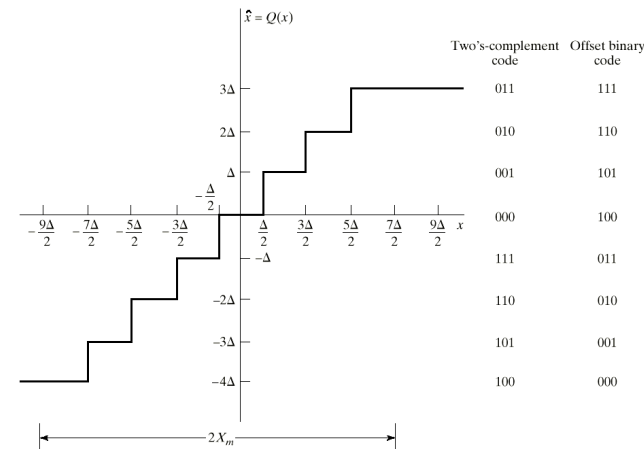


0.4. Βασικά – ΣΥΝΕΧΗΣ / ΔΙΑΚΡΙΤΟΣ ΧΡΟΝΟΣ (II)

- Το θεώρημα δειγματοληψίας του **Shannon** διέπει την διαδικασία δειγματοληψίας / ανακατασκευής σημάτων.
- Η διαδικασία αυτή επιτρέπει (υπό συνθήκες) την επεξεργασία σημάτων συνεχούς χρόνου απο συστήματα διακριτού χρόνου (όπως και το αντίθετο).



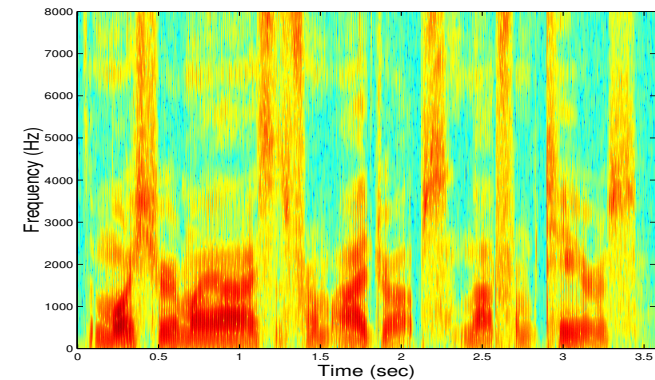
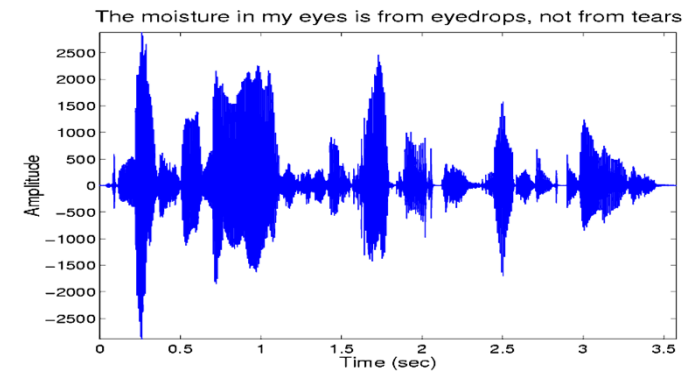
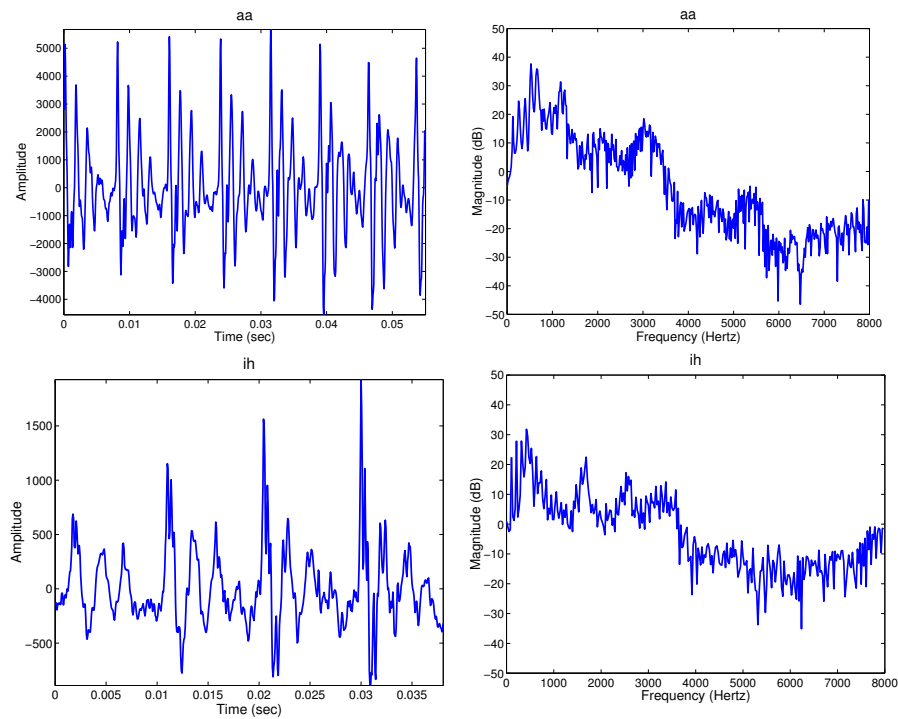
- Για ψηφιοποίηση σημάτων συνεχούς χρόνου, χρειάζεται συνήθως και **κβαντοποίηση**.
- Δεν θα μας απασχολήσει το θέμα αυτό στο μάθημα.





0.4. Βασικά – Ανάλυση FOURIER

- Τα περισσότερα χρήσιμα σήματα μπορούν να αναλυθούν με βάση τον μετασχηματισμό **Fourier** τους στο συχνοτικό περιεχόμενό τους.
 - Συνεχής χρόνος – Continuous Fourier Transform (CFT)
 - Διακριτός χρόνος – Discrete-Time Fourier Transform (DTFT)





0.4. Βασικά – Γ.Χ.Α. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

- Τα συστήματα αυτά ικανοποιούν στην εξίσωση εισόδου / εξόδου τις ιδιότητες της
 - **Γραμμικότητας** (κλιμάκωση, υπέρθεση)
 - **Αμεταβλητότητας** στην χρονική μετάθεση.
- Τα συστήματα αυτά μπορούν να περιγραφούν από ένα σήμα **$h(t)$** ή **$h[n]$** , που λέγεται **κρουστική απόκριση** – βασισμένα στην έννοια της **γραμμικής συνέλιξης**.
- Επίσης (υπό προϋποθέσεις) μπορούν να περιγραφούν με βάση το συχνοτικό περιεχόμενο (μ/σ Fourier) της κρουστικής απόκρισης, που λέγεται **απόκριση συχνότητας**.
- Υπάρχουν μετασχηματισμοί που γενικεύουν τον μ/σ Fourier, επιτρέποντας περιγραφή γενικότερων συστημάτων:
 - **Συνεχής χρόνος**: μ/σ Fourier → μ/σ **Laplace**
 - **Διακριτός χρόνος**: μ/σ Fourier → μ/σ **Z**





0.5. Προαπαιτούμενα Μαθηματικά

- Τριγωνομετρία – τύπος Euler.
- Δυναμοσειρές – αθροίσματα.
- Μιγαδικοί.
- Διαφόριση, ολοκληρώματα.
- Όρια συναρτήσεων.
- Διαφορικές εξισώσεις.

