



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Ψηφιακές Επικοινωνίες

Ενότητα 1: Εισαγωγή

Παναγιώτης Μαθιόπουλος

Σχολή Θετικών Επιστημών

Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

Εισαγωγή

Διδάσκων

Παναγιώτης Μαθιόπουλος Ph.D.

Καθηγητής Ψηφιακών Επικοινωνιών

Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

ΕΚΠΑ

Professor (1989 – 2003)

Department of Electrical and Computer Engineering

The University of British Columbia

Καναδάς

Guest Professor (2009 – 2013)

Southwest Jiao Tong University

Chengdu, Sichuan Province

Κίνα



Πληροφορίες Μαθήματος I

- **Διδάσκων:** Καθ. Παναγιώτης Μαθιόπουλος (Prof. P. Takis Mathiopoulos)
- **e-mail:** mathio@di.uoa.gr URL: <http://cgi.di.uoa.gr/~mathio/>
- **Ώρες γραφείου:** Παρασκευή 15:00 -17:00
- Πληροφορίες για το μάθημα θα δίνονται στο e-class (<http://eclass.uoa.gr/>)
- **Συνεργάτες:** ?
- **Βιβλιογραφία:** Βιβλίο μαθήματος: ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ – 2η Έκδοση (2012) Γ. Κ. Καραγιαννίδης
- **Διδασκαλία:** 2 ώρες θεωρία + 1 ώρα Συμπλήρωμα της Θεωρίας-Ασκήσεις (Παρασκευή 10:00-13:00 – Αίθουσα ΣΤ)
- **Βαθμολογία:** Μια τελική γραπτή εξέταση



Πληροφορίες Μαθήματος II

- Κεφάλαιο 0: Εισαγωγή
- Κεφάλαιο 6: Ψηφιακή Εκπομπή και Λήψη (Θα διδαχτεί ως γνωστή ύλη)
- Κεφάλαιο 7: Ψηφιακή Διαμόρφωση
- Κεφάλαιο 8: Ψηφιακές Διαμορφώσεις Υψηλής Φασματικής Αποδοτικότητας
- Κεφάλαιο 9: Ψηφιακές Επικοινωνίες σε Κανάλια με Διασυμβολική Παρεμβολή
- Κεφάλαιο 6: Ο Συγχρονισμός στις Ψηφιακές Επικοινωνίες



Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα (1)

- Τα τηλεπικοινωνιακά συστήματα έχουν στόχο την μετάδοση πληροφορίας από ένα σημείο σε ένα άλλο.
- Για την αποθήκευση και μετάδοση της πληροφορίας χρησιμοποιούν μεταβαλλόμενα ρεύματα και τάσεις (μεταβαλλόμενα ηλεκτρομαγνητικά πεδία).
- Χρησιμοποιούνται διάφορα μέσα για τη μετάδοση των σημάτων, όπως
 - χάλκινα καλώδια (συστρεφόμενου ζεύγους, ομοαξονικά καλώδια...)
 - κυματοδηγοί
 - οπτικές ίνες
 - ασύρματα



Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα (2)

- Τα σήματα προσαρμόζονται στο μέσο μετάδοσης μέσω της διαμόρφωσης (modulation) και της κωδικοποίησης (coding).
- Οι τεχνικές διαμόρφωσης και κωδικοποίησης επιλέγονται με βάση
 - το μέσο μετάδοσης
 - Την πηγή πληροφορίας (στατιστική, τον ρυθμό μετάδοσης (rate) – ποιότητα επικοινωνίας (Quality of Service-QoS)



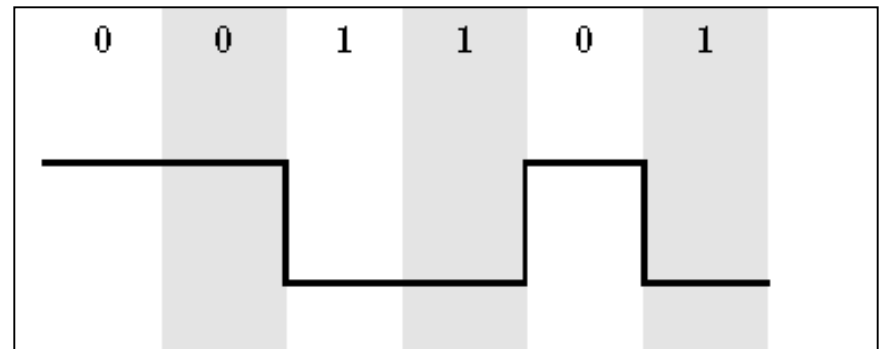
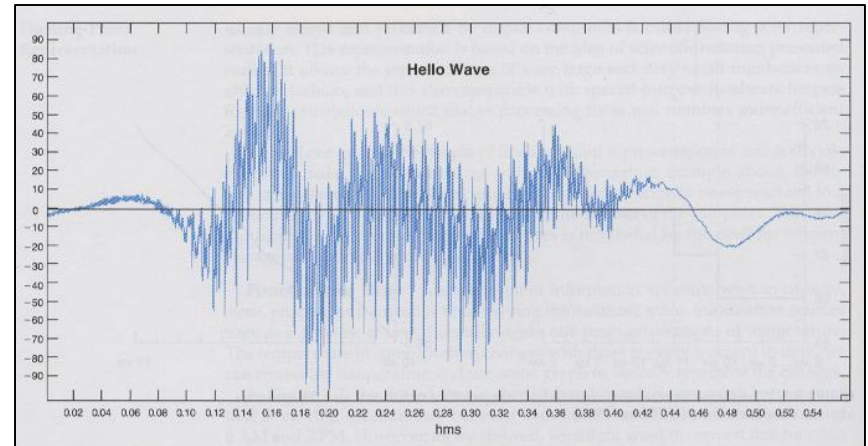
Παράμετροι στα τηλεπικοινωνιακά συστήματα

- Χρόνος μετάδοσης του μηνύματος (1 msec, 1 sec). Π.χ. η φωνή μέσω κινητής τηλεφωνίας μεταδίδεται σε msec. Μέσω δορυφόρου ο χρόνος μετάδοσης αυξάνεται σημαντικά
- Ποσότητα μεταδιδόμενης πληροφορίας (1 λέξη, ένα κείμενο, μια φωτογραφία κλπ.)
- Ρυθμός μετάδοσης της πληροφορίας (ποσότητα πληροφορίας στη μονάδα του χρόνου). π.χ. Με τα σήματα Morse μεταδίδουμε 10 λέξεις ανά sec. Με Ethernet μερικές εκατοντάδες Mb/sec
- Ποιότητα επικοινωνίας (Quality-of-Service, QoS)
- Δυνατότητα διόρθωσης λαθών
- Κατανάλωση ενέργειας



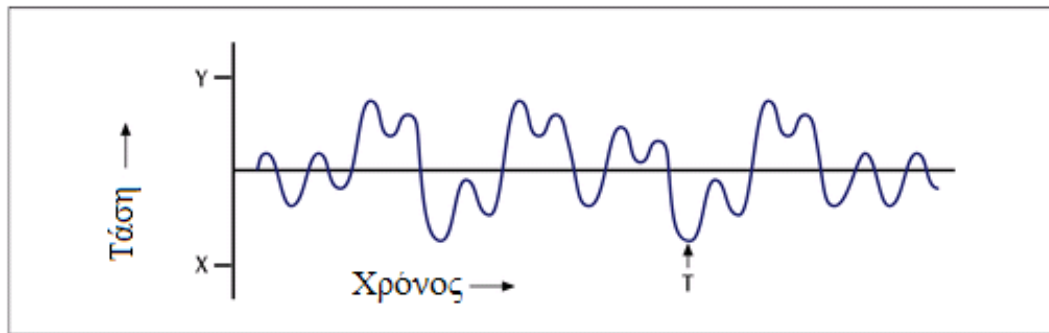
Πηγές πληροφορίας

- Αναλογικές πηγές πληροφορίας:
 - Το σήμα ενός μικροφώνου
 - Το σήμα μιας αναλογικής τηλεοπτικής κάμερας
- Ψηφιακές πηγές πληροφορίας:
 - Υπολογιστές
 - Ψηφιακή λήψη

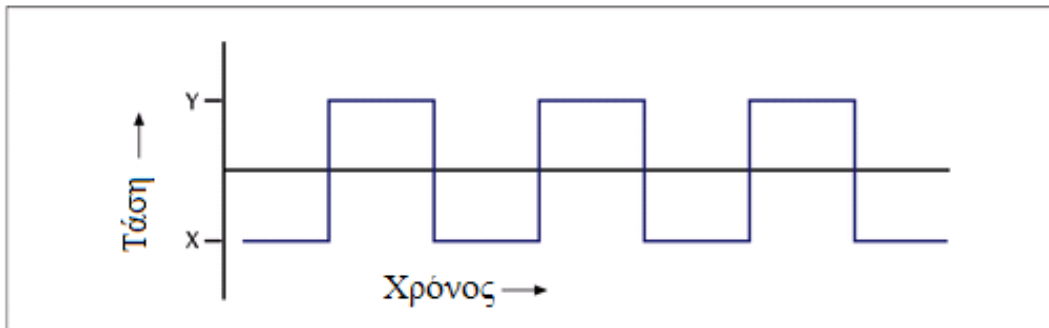


Αναλογικά σήματα – Ψηφιακά σήματα

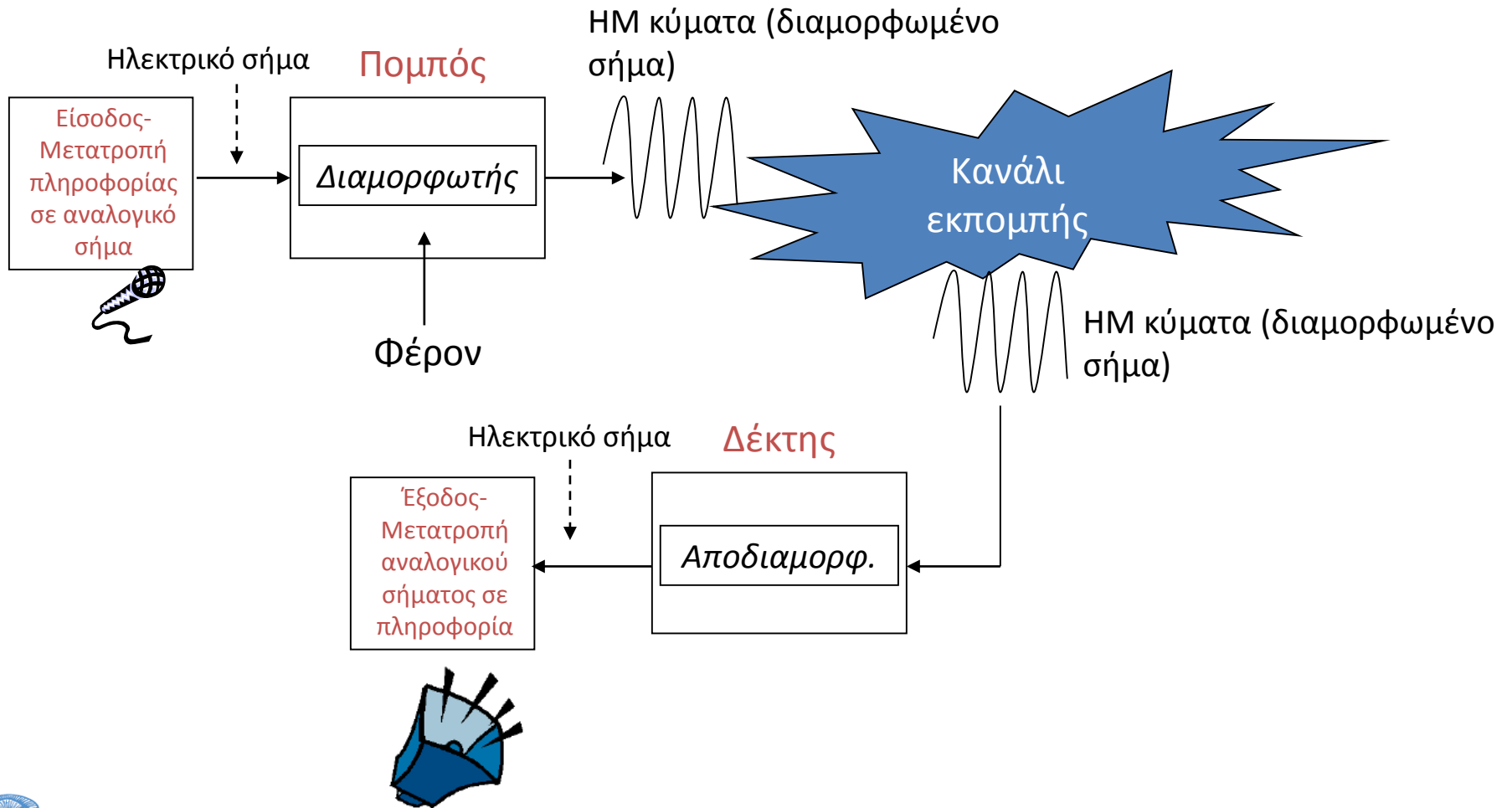
- Το αναλογικό σήμα είναι μια συνεχής κυματομορφή, όπως π.χ. η μουσική και το video.



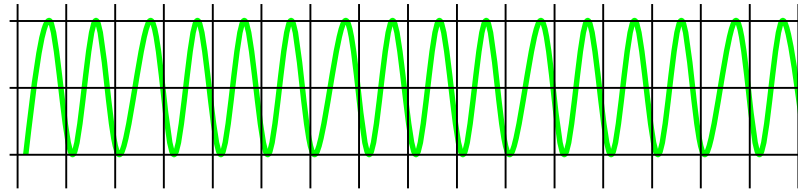
- Το ψηφιακό σήμα αντιπροσωπεύει μια διακριτή κυματομορφή, όπως π.χ. Τα 0 και 1 των Η/Υ.



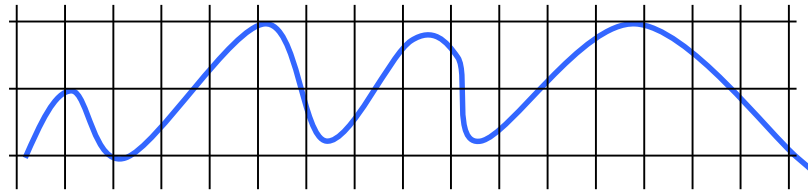
Βασικό αναλογικό σύστημα επικοινωνίας



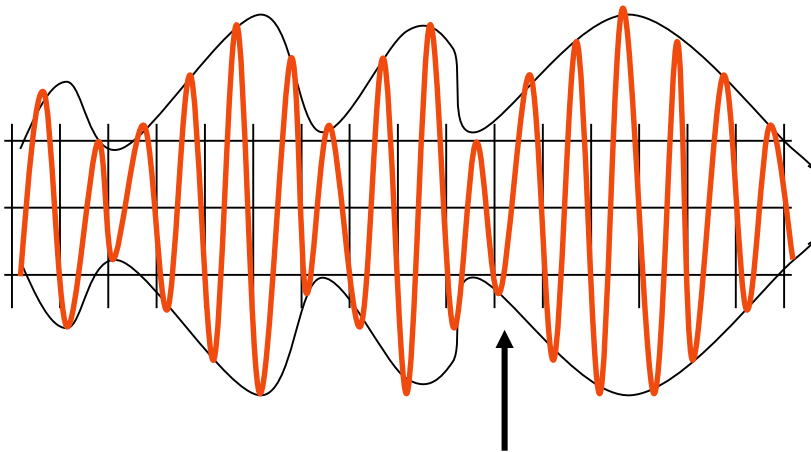
Αναλογικές Διαμορφώσεις AM – FM



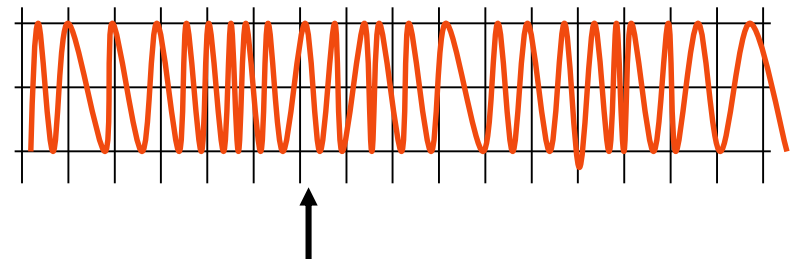
Φέρον



Σήμα Βασικής ζώνης



Σταθερή Συχν. Μεταβαλλ. Πλάτος, AM



Σταθερό πλάτος. Μεταβαλλ. Συχνότητα, FM



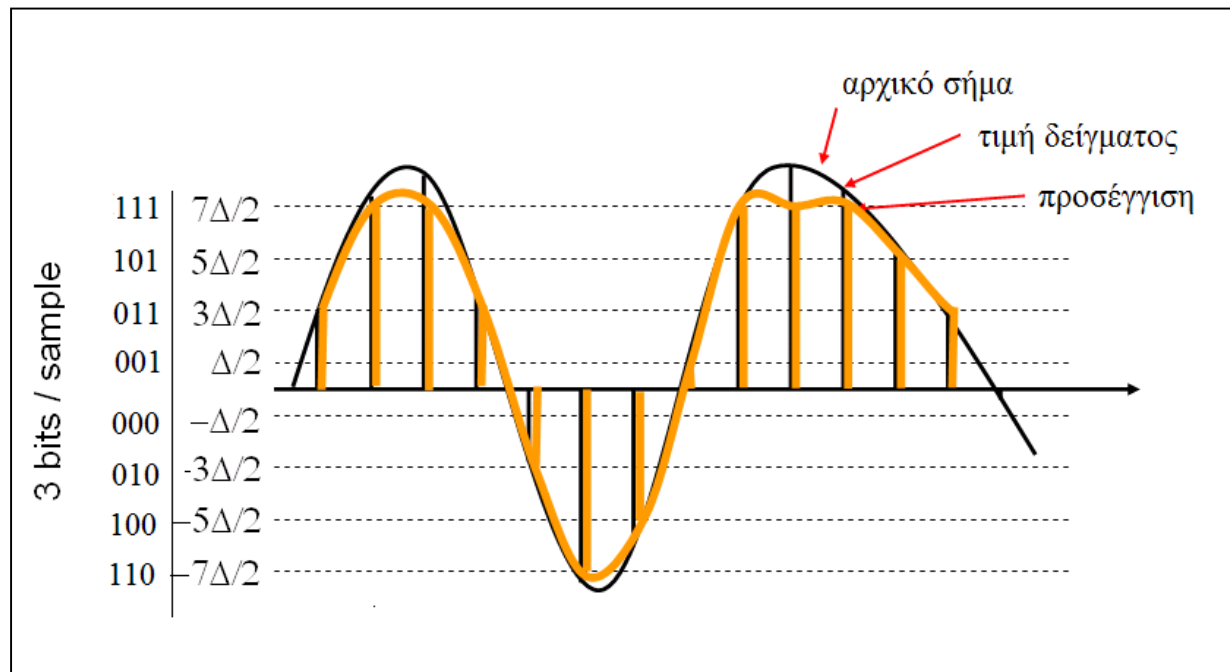
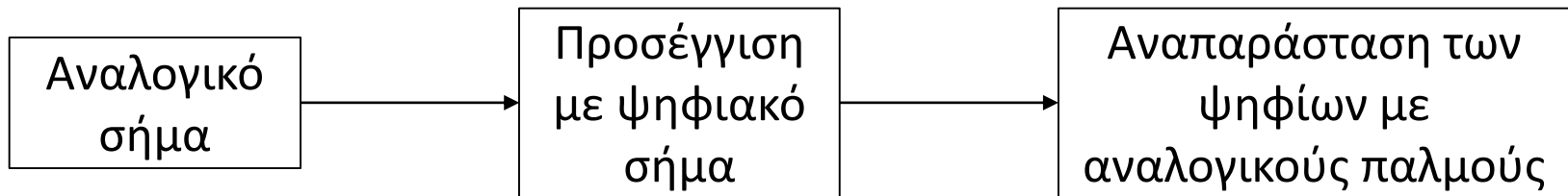
Διαμόρφωση

- **Γιατί είναι απαραίτητη η διαμόρφωση;** Για να γίνει εφικτή η μετάδοση του σήματος στο μέσο διάδοσης.
 - Ενσύρματη μετάδοση
 - Προσαρμογή στο μέσο διάδοσης.
 - Ασύρματη μετάδοση
 - Γίνεται εφικτή η μετάδοση ΗΜ κυμάτων με κεραίες μικρών διαστάσεων. Ένα ΗΜ κύμα απαιτεί κεραία με μήκος συγκρίσιμου του μήκους κύματος του εκπεμπόμενου/λαμβανόμενου σήματος.
 - Επομένως η μετάδοση ΗΜ κυμάτων με χαμηλή συχνότητα θα απαιτούσε τεράστιες κεραίες.



Ψηφιακό σύστημα επικοινωνίας

- Η βασική διαφορά με τα αναλογικά συστήματα:

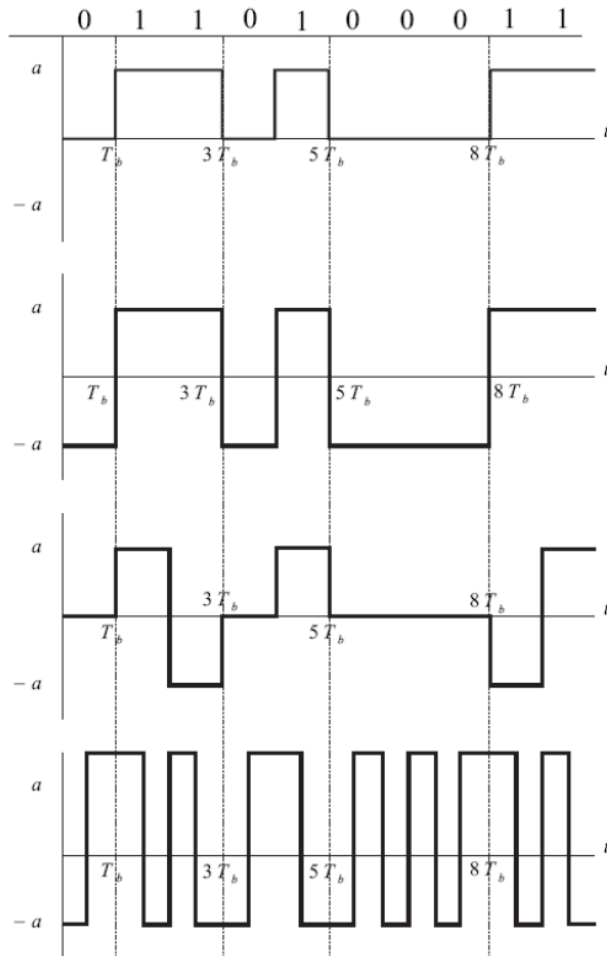


Μετατροπή επιπέδων σε bits

Επίπεδο	Natural Binary Code				Folded Binary Code				Inverted Folded Binary Code				Gray Code			
	b_4	b_3	b_2	b_1									g_4	g_3	g_2	g_1
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
14	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1
13	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1
12	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0
11	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0
10	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1
9	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1
8	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
7	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0
6	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1
5	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1
4	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0
3	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
2	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1
1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0



Αντιστοιχία bits σε κυματομορφές



- **Unipolar** ή **On-Off**. Το 1 αντιστοιχεί σε ένα παλμό ενώ το 0 σε παύση της εκπομπής. Η τεχνική αυτή δημιουργεί DC συνιστώσα η οποία στις περισσότερες περιπτώσεις είναι ανεπιθύμητη.

- **Polar**, όπου χρησιμοποιείται ένας θετικός παλμός για το 1 και ένας αρνητικός για το 0. Εδώ δεν υπάρχει DC συνιστώσα με την προϋπόθεση ότι τα 0 και 1 στην ακολουθία εισόδου φτάνουν με την ίδια πιθανότητα.

- **Bipolar** ή **Alternate Mark Inversion, AMI**. Στην περίπτωση του κώδικα AMI χρησιμοποιούνται εναλλάξ θετικοί και αρνητικοί παλμοί για το 1 (με την αλλαγή να πραγματοποιείται σε κάθε εμφάνιση του bit 1) ενώ δεν υπάρχει παλμός για το 0. Με τον τρόπο αυτό υπάρχουν τρία επίπεδα: $+1, 0, -1$.

- **Manchester**. Το 1 κωδικοποιείται με τη μετάδοση ενός θετικού παλμού για το μισό της περιόδου του συμβόλου και με ένα αρνητικό παλμό για το υπόλοιπο μισό. Για το ψηφίο 0 οι δύο παλμοί μεταδίδονται σε αντίστροφη σειρά.



Ψηφιακές Επικοινωνίες

Πλεονεκτήματα των ψηφιακών συστημάτων

- Αντοχή στο θόρυβο
- Καλύτεροι αλγόριθμοι κρυπτογράφησης
- Αξιόπιστη επεξεργασία σήματος.
- Εύκολος σχεδιασμός (προγραμματιζόμενοι μικροεπεξεργαστές).
- Ευελιξία (modular architecture)
- Παρόμοια αντιμετώπιση, ανεξάρτητα του είδους της πληροφορίας
- Ευκολότερη πολυπλεξία σημάτων.
- Συμπύεση
- Αποθήκευση και ανάκτηση



Μειονεκτήματα των ψηφιακών συστημάτων

- Συγχρονισμός

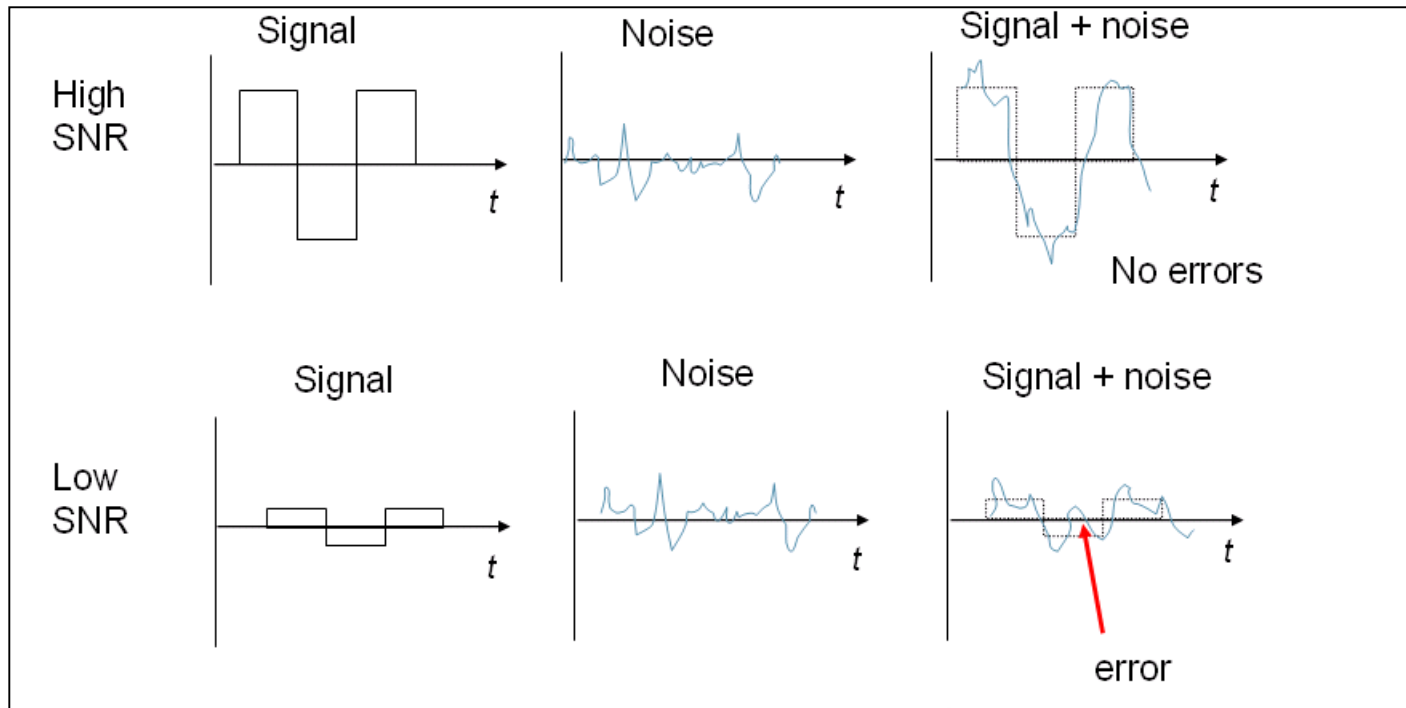


Κριτήρια αξιολόγησης (1)

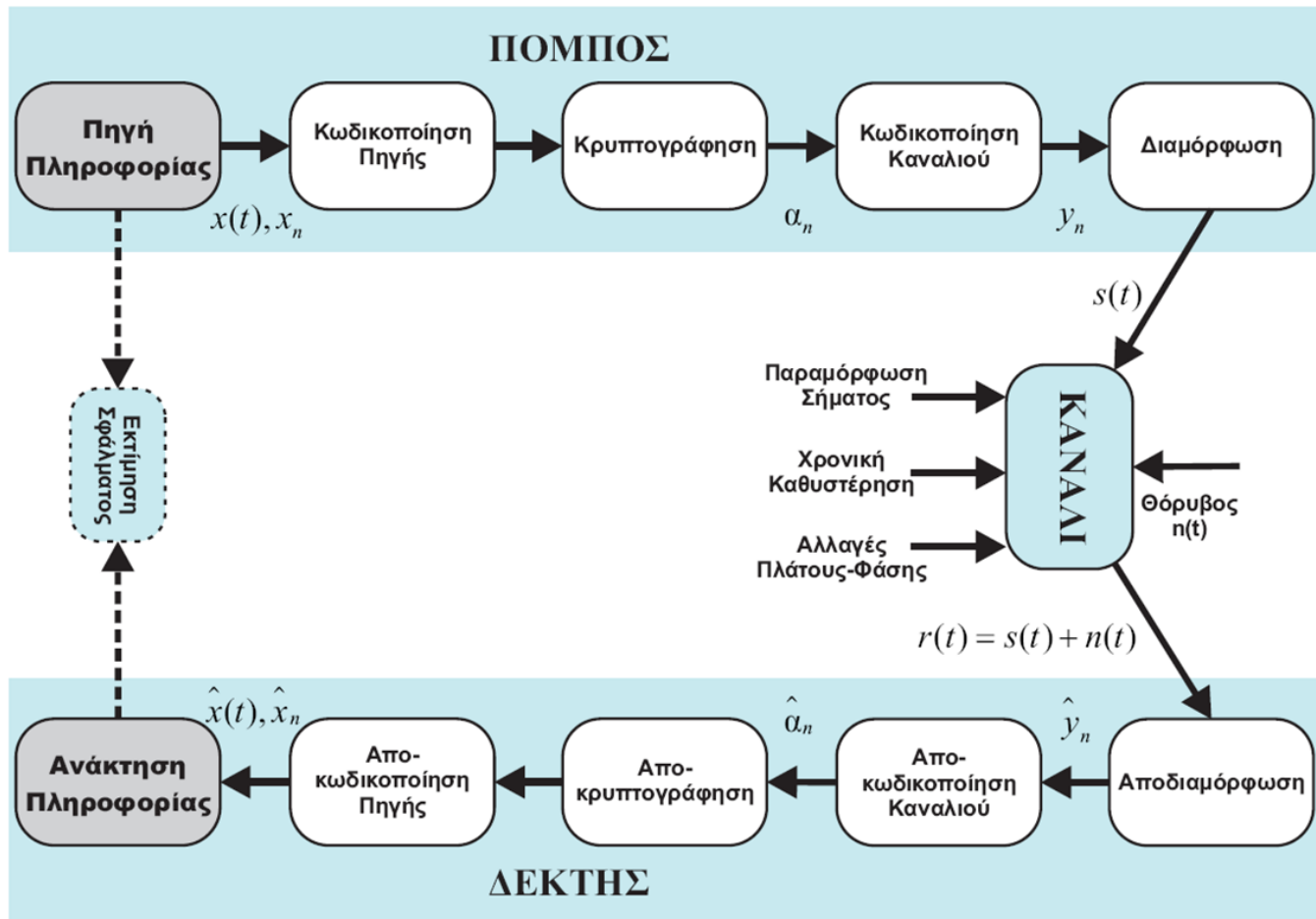
- Λόγος σήματος προς θόρυβο $SNR = \frac{P_r}{P_N}$
 - Ασύρματες επικοινωνίες $ASN_R = \mathbb{E}[SNR]$
- Λόγος σήματος προς παρεμβολή συν θόρυβο $SINR = \frac{P_r}{P_N + P_I}$ $ASINR = \mathbb{E}[SINR]$
- Ρυθμός σφάλματος bit ή συμβόλου (BER ή SER)
- Αποδοτικότητα ισχύος (Power efficiency)
- Φασματική Αποδοτικότητα (Bandwidth efficiency) $N_{BW} = \frac{R}{W}$, bps/Hz.
- Ρυθμός μετάδοσης πληροφορίας (bit rate) ή χωρητικότητα καναλιού (capacity) $C = W \log_2(1 + SNR)$, bps
- Πιθανότητα διακοπής επικοινωνίας (outage probability)



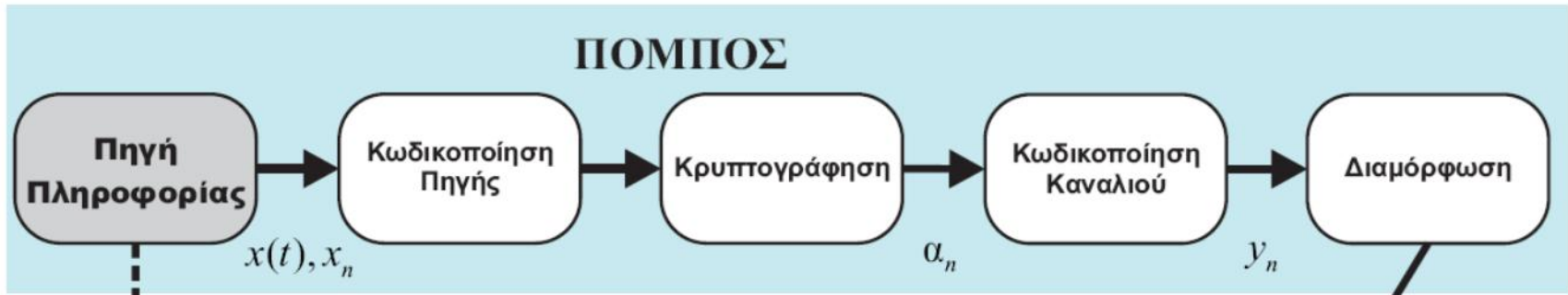
Κριτήρια αξιολόγησης (2)



Ψηφιακό σύστημα επικοινωνίας



Ψηφιακό σύστημα επικοινωνίας – Πομπός

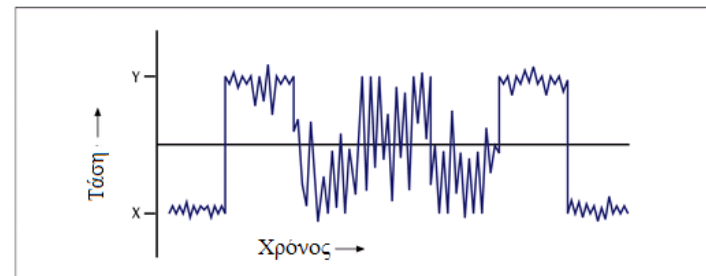
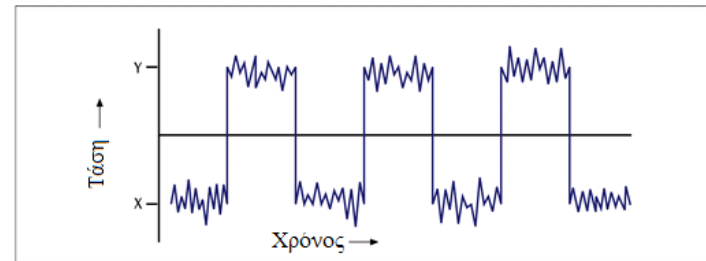
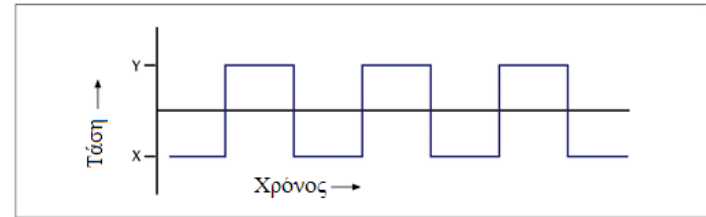


- Πηγή πληροφορίας
- Κωδικοποίηση πηγής
- Κρυπτογράφηση
- Κωδικοποίηση καναλιού
- Διαμόρφωση

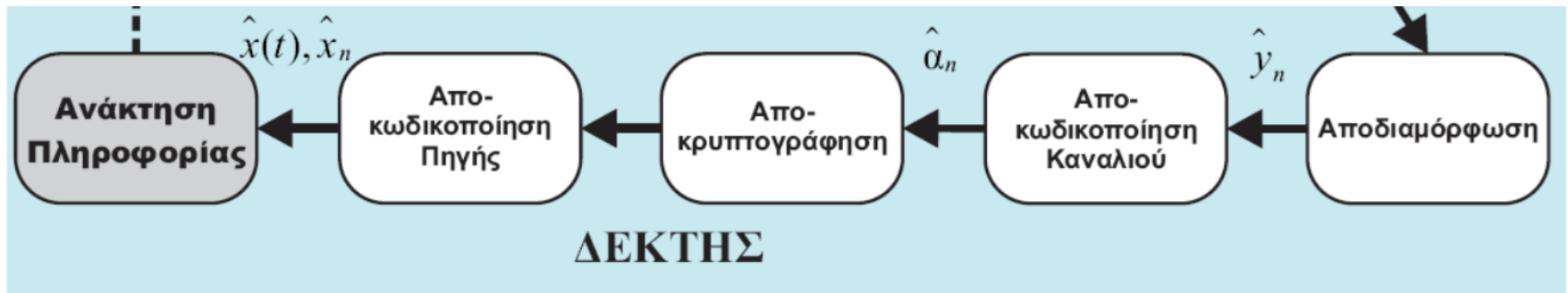


Κανάλι

- Πρόσθεση θορύβου
- Παραμόρφωση
- Χρονική καθυστέρηση



Ψηφιακό σύστημα επικοινωνίας – Δέκτης

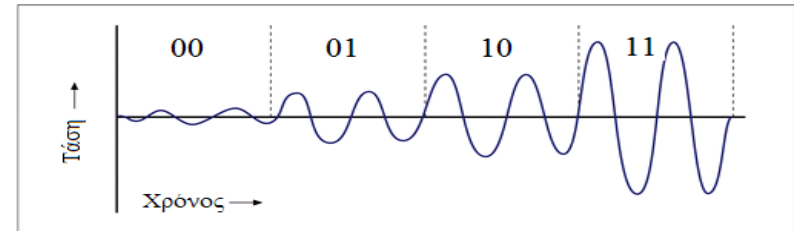
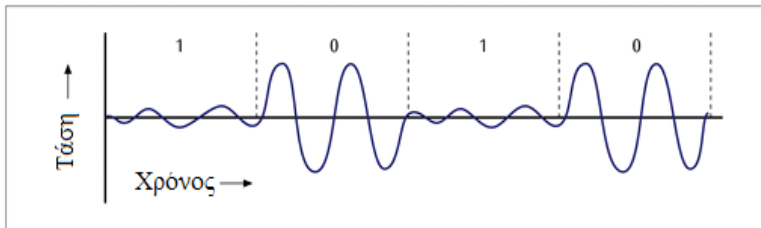


- Αποδιαμόρφωση
- Αποκωδικοποίηση καναλιού
- Αποκρυπτογράφηση
- Αποκωδικοποίηση πηγής

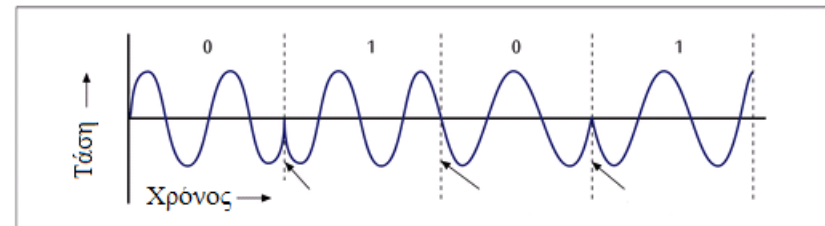
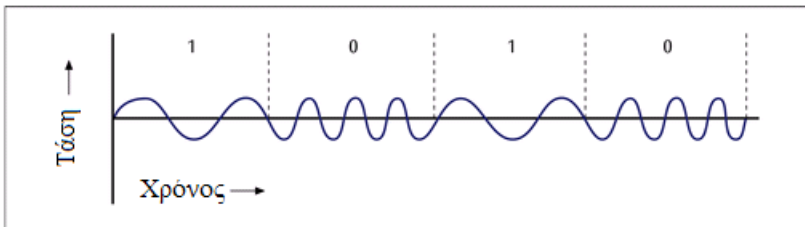


Ψηφιακές Διαμορφώσεις – Πρώτη γεύση

- Στα ψηφιακά συστήματα, η πηγή πληροφορίας (αν δεν είναι ήδη ψηφιακή, δηλαδή 0 και 1) μετατρέπεται σε ψηφιακό σήμα.
- Έπειτα κάθε bit ή μπλοκ από bits αναπαρίσταται από αναλογικούς παλμούς.



- Κάθε bit αναπαρίσταται από έναν ημιτονοειδή παλμό διαφορετικού πλάτους και ίδιας συχνότητας.



- Κάθε bit αναπαρίσταται από έναν παλμό διαφορετικής συχνότητας ή φάσης.



Τέλος Ενότητας

Εισαγωγή

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 την 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.



Σημειώματα

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.

Έχουν προηγηθεί οι κάτωθι εκδόσεις:

- Έκδοση διαθέσιμη [εδώ](#).



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών,
Μαθιόπουλος Παναγιώτης 2015. Παναγιώτης Μαθιόπουλος. «Ψηφιακές
Επικοινωνίες, Εισαγωγή». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη
δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/DI38>.



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

"Η δομή και οργάνωση της παρουσίασης, καθώς και το υπόλοιπο περιεχόμενο, αποτελούν πνευματική ιδιοκτησία του συγγραφέα και του Πανεπιστημίου Αθηνών και διατίθενται με άδεια Creative Commons Αναφορά Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή Έκδοση 4.0 ή μεταγενέστερη.

Οι Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/φωτογραφίες που περιέχονται στην παρουσίαση αποτελούν πνευματική ιδιοκτησία τρίτων.

- Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα, Γ. Κ. Καραγιαννίδης, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ, 2η Έκδοση, 2010
- Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα, J. Proakis και M. Salehi, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΕΩΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΕΩΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΥΣΙΑΣ ΤΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ, 2003

Απαγορεύεται η αναπαραγωγή, αναδημοσίευση και διάθεσή τους στο κοινό με οποιονδήποτε τρόπο χωρίς τη λήψη άδειας από τους δικαιούχους. "

