



# ΔΙΚΤΥΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

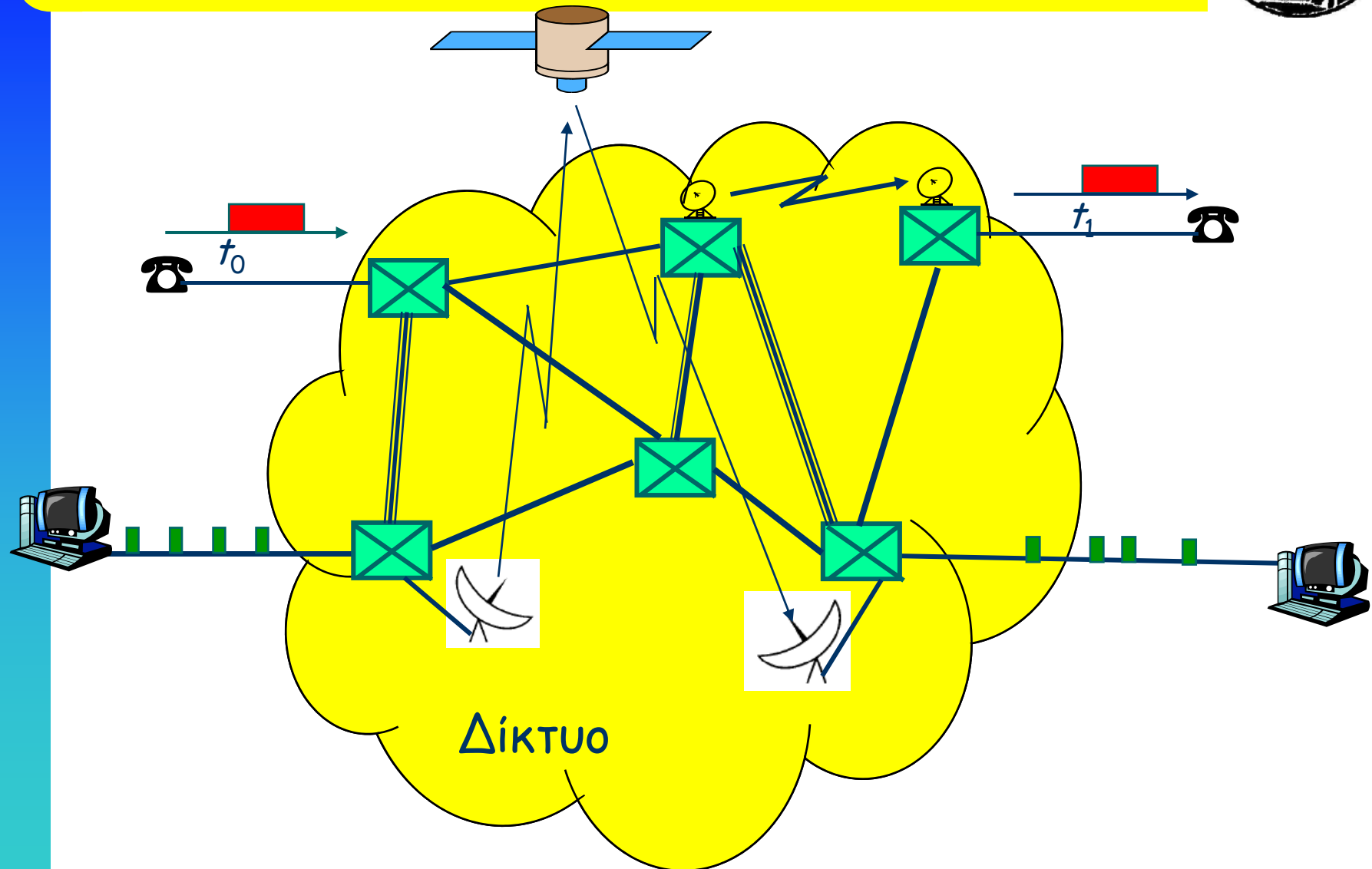
## Φυσικό στρώμα

# Περίληψη

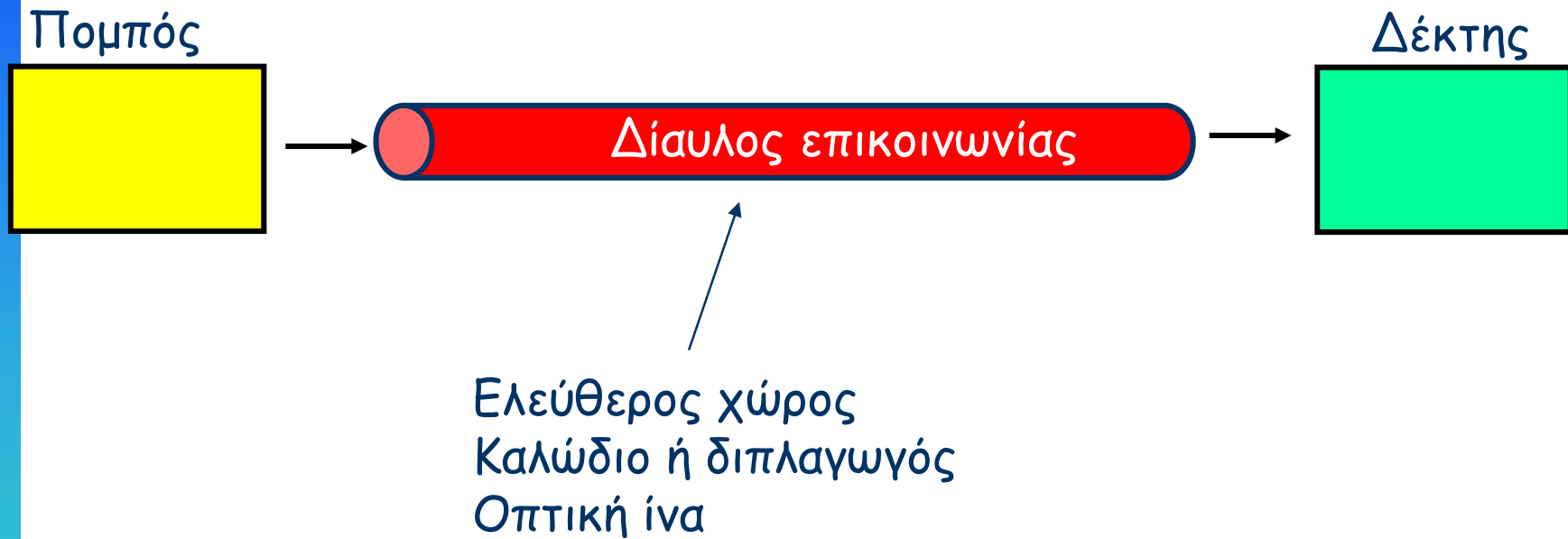


- Εισαγωγή στα συστήματα μετάδοσης
- Μετάδοση σημάτων
  - Αναλογική
  - Ψηφιακή
- Περιορισμοί στο φυσικό στρώμα
- Χωρητικότητα διαύλου
- Μετάδοση στη βασική ζώνη
- Ψηφιακή διαμόρφωση
- Ενσύρματες φυσικές ζεύξεις
- Ασύρματες φυσικές ζεύξεις
- Σύγχρονη και ασύγχρονη ψηφιακή μετάδοση

# Συστήματα μετάδοσης



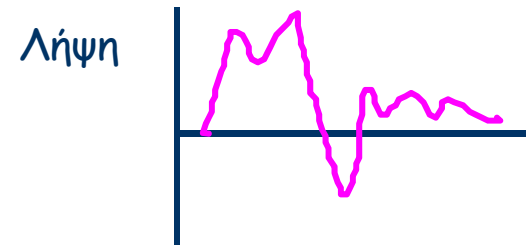
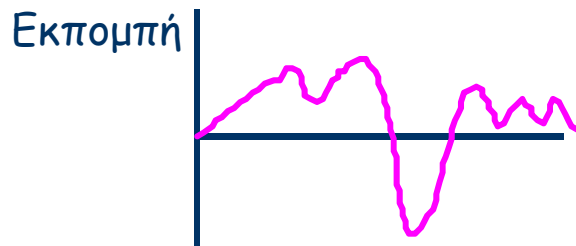
# Συστήματα μετάδοσης



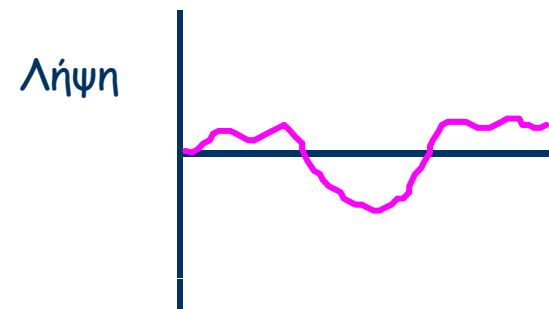
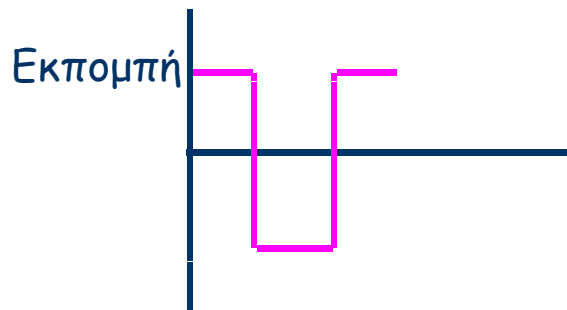
# Μετάδοση σημάτων



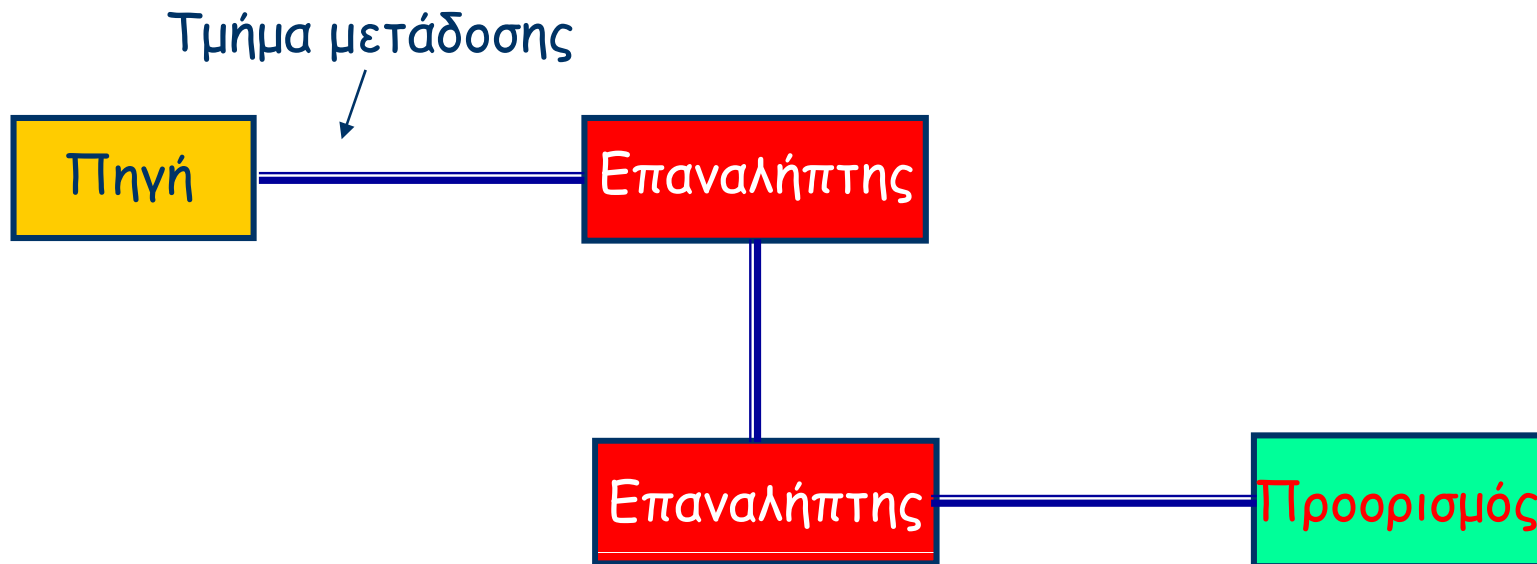
(α) **Αναλογική μετάδοση:** όλες οι λεπτομέρειες πρέπει να αναπαράγονται ακριβώς



(β) **Ψηφιακή μετάδοση:** μόνο διακεκριμένες στάθμες πρέπει να αναπαράγονται



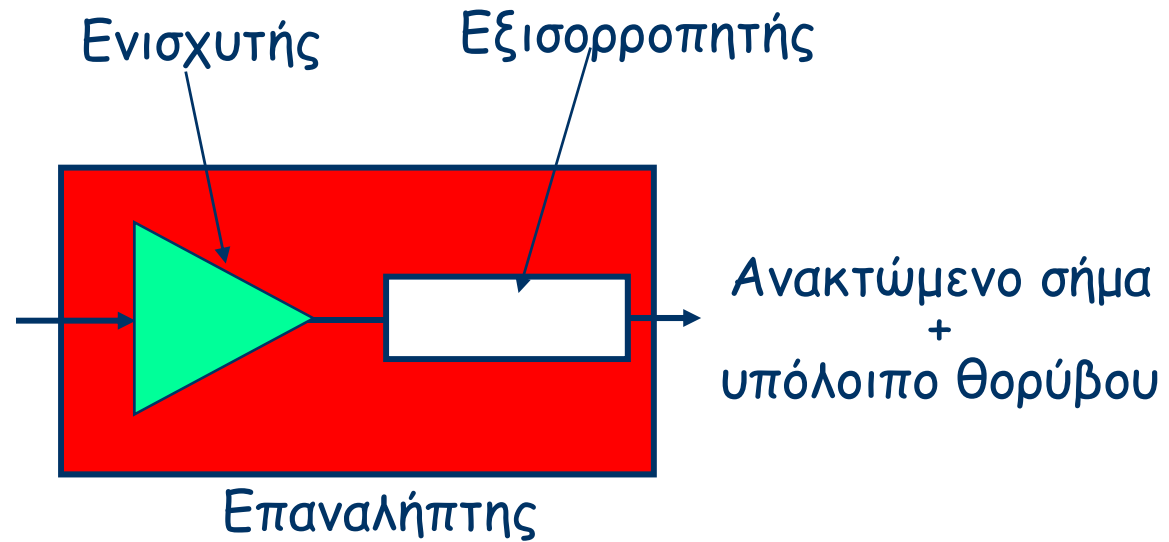
# Μετάδοση σε μεγάλες αποστάσεις



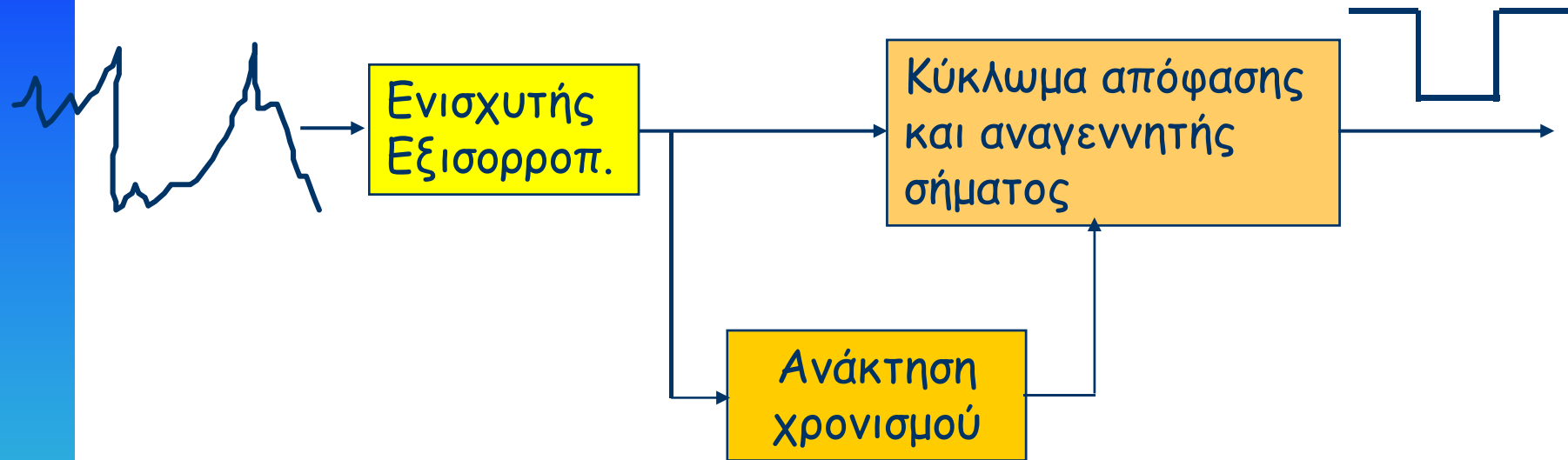
# Αναλογικός επαναλήπτης



Σήμα με εξασθένηση και  
παραμόρφωση  
+  
θόρυβος

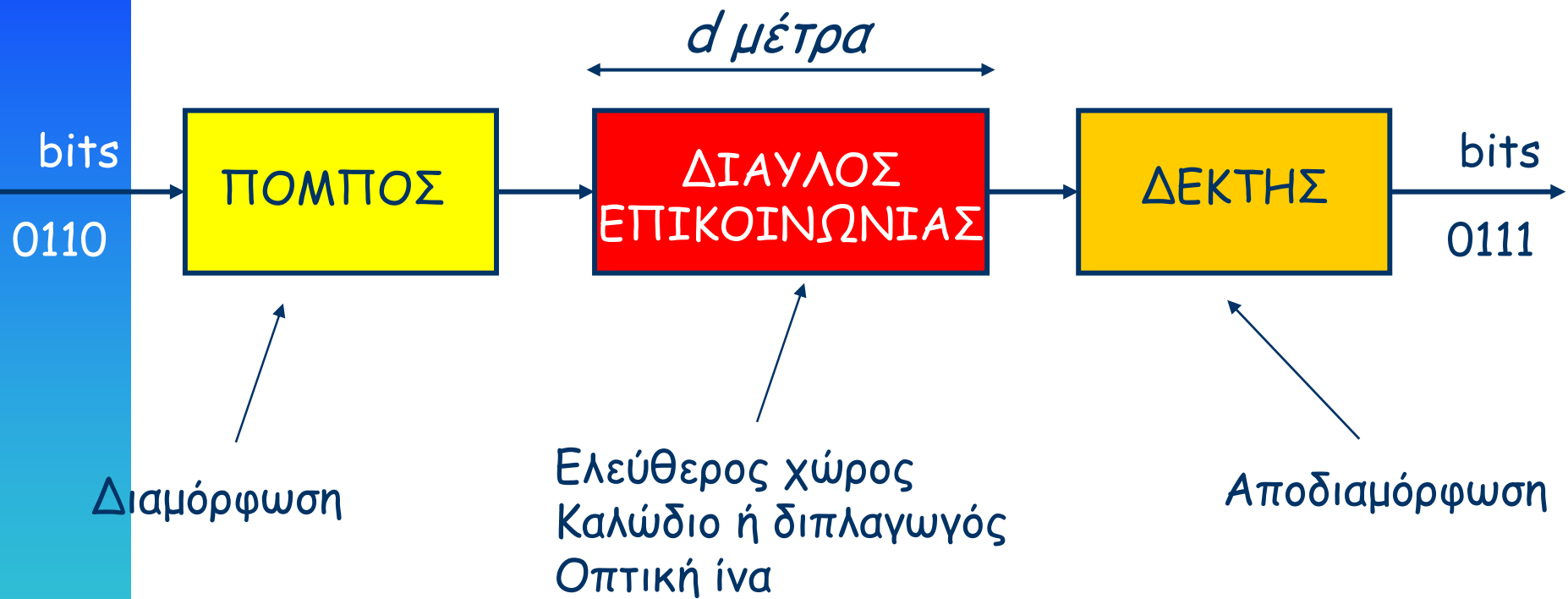


# Ψηφιακός επαναλήπτης





# Ψηφιακή μετάδοση



# Πώς μεταδίδονται τα σήματα



- Τα σήματα οδεύουν μέσω των μέσων μετάδοσης ως ηλεκτρομαγνητικά κύματα
- Μπορεί να οδηγούνται από διπλαγωγό, καλώδιο, οπτική ίνα, ή να μεταδίδονται στον ελεύθερο χώρο ως ραδιοκύματα ή οπτικά κύματα.
- Υπάρχουν διαφορές μεταξύ της διάδοσης των Η/Μ κυμάτων στο κενό και σε διηλεκτρικό υλικό:
  - $C_{\text{διηλ.}} < C_{\text{κενού}}$
  - Μέρος της ενέργειας απορροφάται από το διηλεκτρικό

# Βασικές ιδιότητες των συστημάτων ψηφιακής μετάδοσης



- Μας ενδιαφέρει ο ρυθμός μετάδοσης
  - **Χωρητικότητα**: πόσο γρήγορα και αξιόπιστα
- Η χωρητικότητα επηρεάζεται από:
  - Την ισχύ του εκπεμπόμενου σήματος
  - Την απόσταση που πρέπει να διανύσει το σήμα
  - Τη στάθμη θορύβου που πρέπει να αντιμετωπίσει ο δέκτης
  - Το εύρος ζώνης του μέσου μετάδοσης

# Περιορισμοί στο φυσικό στρώμα



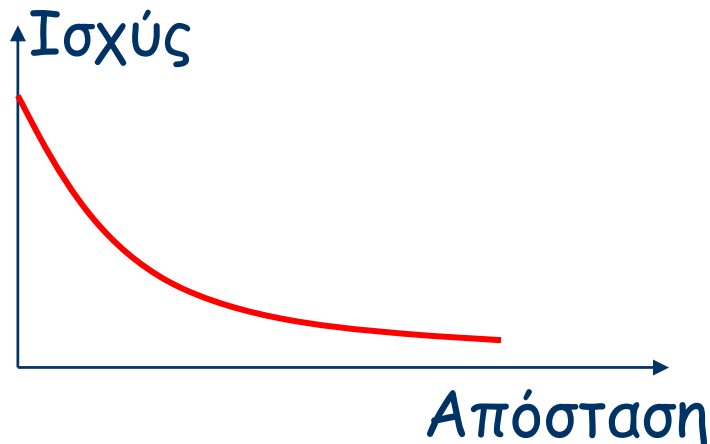
Τέσσερα βασικά φαινόμενα περιορίζουν τον ρυθμό μετάδοσης και την απόσταση μετάδοσης

- Εξασθένιση (Attenuation)
- Παραμόρφωση (Distortion)
- Διασπορά (Dispersion)
- Θόρυβος (Noise)

# Εξασθένηση

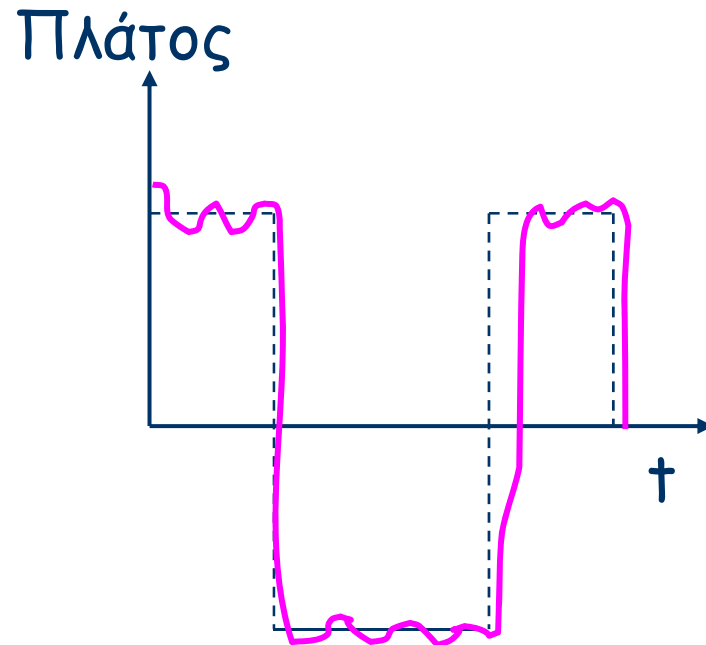


## Μείωση της ισχύος του σήματος με την απόσταση



- Απώλεια ενέργειας κατά τη διάδοση σε γραμμές μετάδοσης και σε ίνες
- Ανάκλαση, σκέδαση, περίθλαση κλπ.
- Συμβολή πολλών κυμάτων στην κεραία
- Εξασθένηση ανάλογη της συχνότητας στις γραμμές μετάδοσης και στις ίνες

# Παραμόρφωση

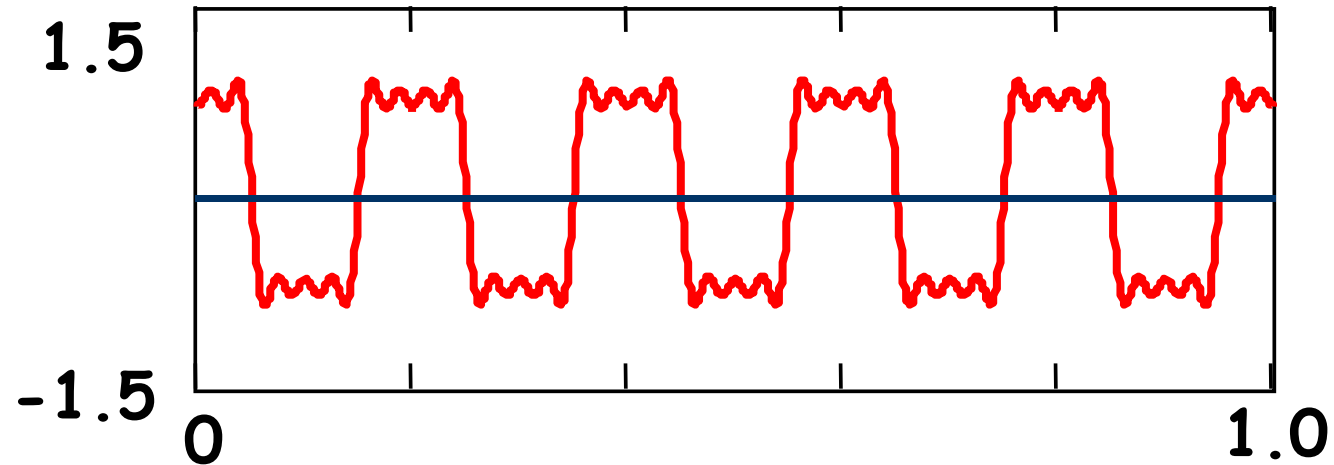


- Διαφορετική εξασθένηση και καθυστέρηση για κάθε συχνότητα
- Το τελικό σήμα διαφέρει από το αρχικά μεταδοθέν
- Απαιτείται εξισορρόπηση

# Παραγωγή τετραγωνικής κυματομορφής

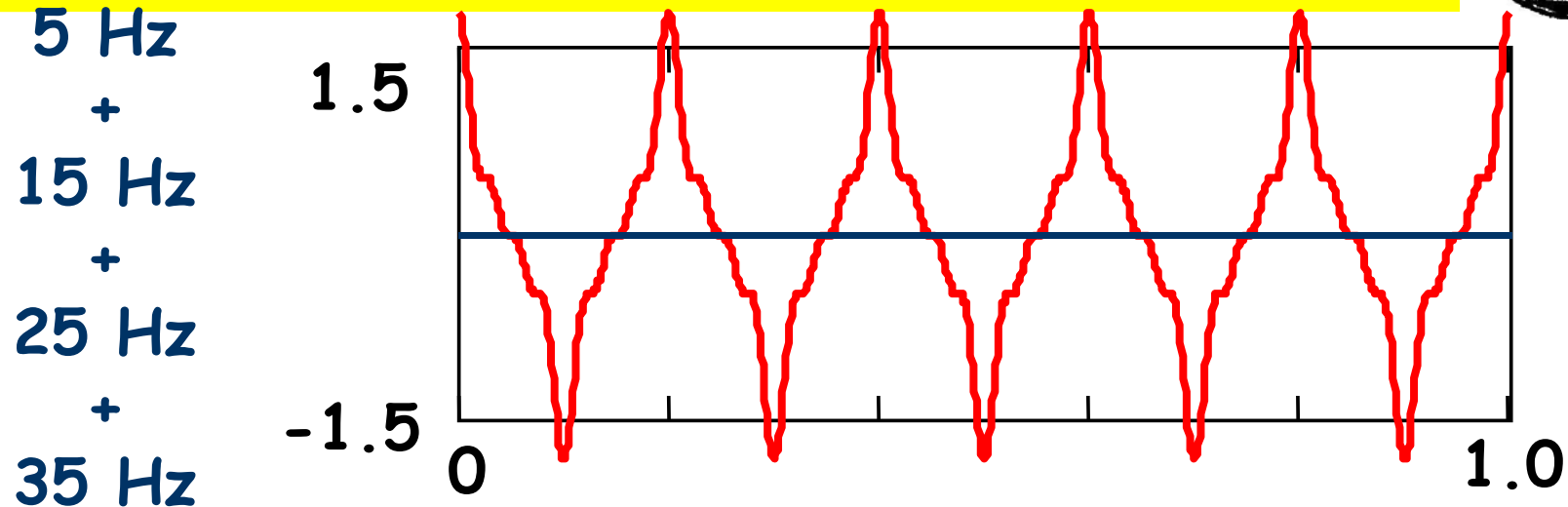


5 Hz  
+  
15 Hz  
+  
25 Hz  
+  
35 Hz



$$\cos 2\pi \cdot 5t - (1/3)\cos 2\pi \cdot 15t + (1/5)\cos 2\pi \cdot 25t - (1/7)\cos 2\pi \cdot 35t$$

# Επίδραση της παραμόρφωσης φάσης



$$\cos 2\pi \cdot 5t + (1/3)\cos 2\pi \cdot 15t + (1/5)\cos 2\pi \cdot 25t + (1/7)\cos 2\pi \cdot 35t$$

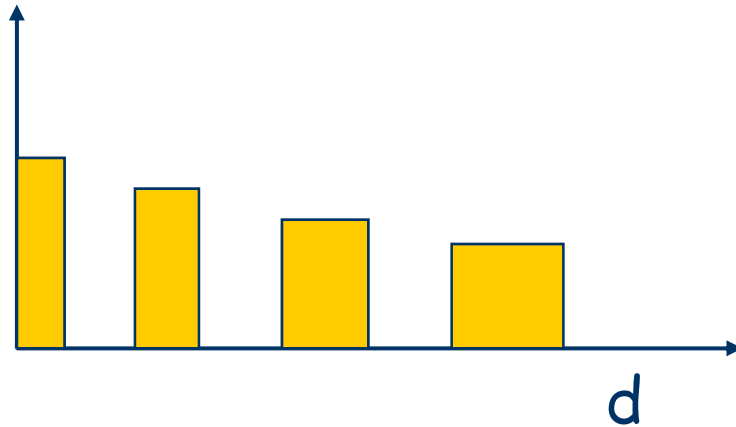
Τα σήματα των 15 και 35 Hz εμφανίζουν μετατόπιση φάσης (λόγω διαφορετικών ταχυτήτων διάδοσης) ως προς τα σήματα των 5 και 25 Hz.



# Διασπορά



Πλάτος



• Οι κρουστικές μεταδόσεις απλώνουν κατά τη διάδοση.

• Η διασπορά περιορίζει τη χρησιμοποιούμενη απόσταση διάδοσης σε μια μέγιστη τιμή που εξαρτάται από τον ρυθμό μετάδοσης

# Θόρυβος



Απρόβλεπτη μεταβολή του σήματος που φθάνει στον δέκτη



$$b_1 b_2 \dots b_n$$

$$V = b_1 2^{-1} + b_2 2^{-2} + \dots + b_n 2^{-n}$$

$$R \propto B, 1/\text{noise}$$

n bits σε 2 ms

# Λόγος σήματος προς θόρυβο (SNR)



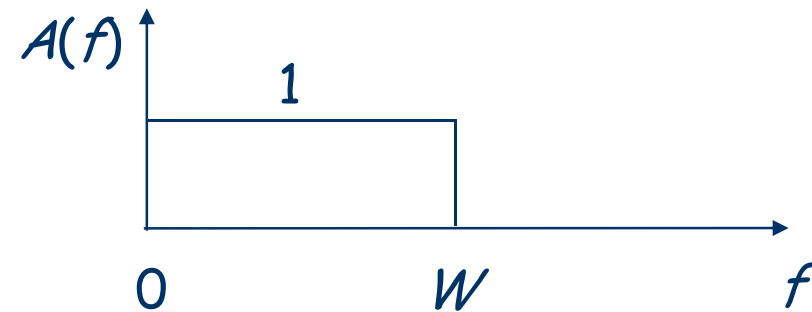
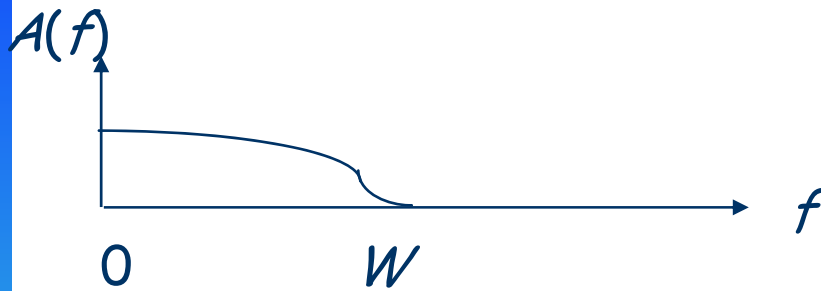
$$\text{SNR} = \frac{\text{Μέση ισχύς σήματος}}{\text{Μέση ισχύς θορύβου}}$$

$$\text{SNR (dB)} = 10 \log_{10} \text{SNR}$$

# Εύρος ζώνης διαύλου



(α) Βαθυπερατός δίαυλος



(β) Μέγιστος ρυθμός μετάδοσης παλμών:  $2W$  παλμοί/sec



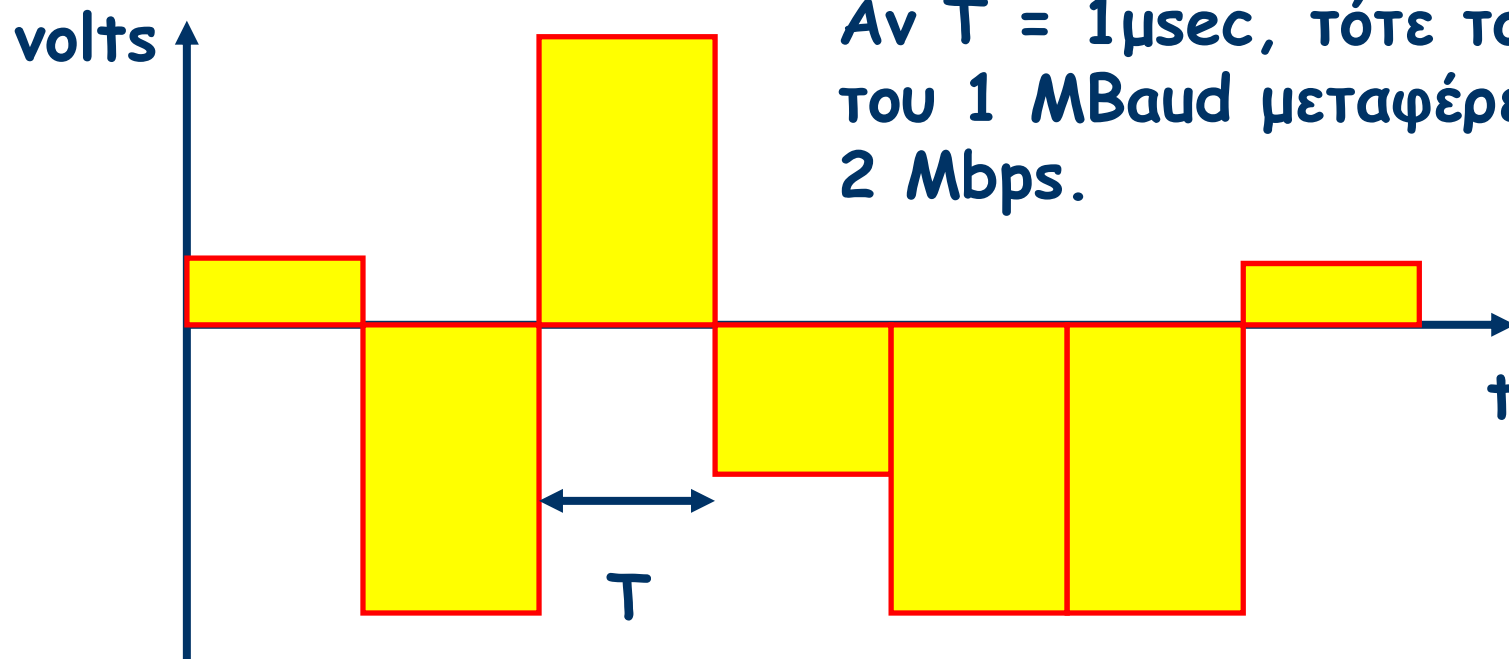
(γ) Μετάδοση με πολλές στάθμες:

$2W$  παλμοί/sec  $\times$  m bit/παλμό

# Παράδειγμα Μ-δικού σήματος



- Ένα από  $M$  δυνατά σύμβολα μεταδίδεται κάθε  $T$  sec  
π.χ.) 4-δική σηματοδότηση (κάθε σύμβολο μπορεί να παραστήσει 2 bit).

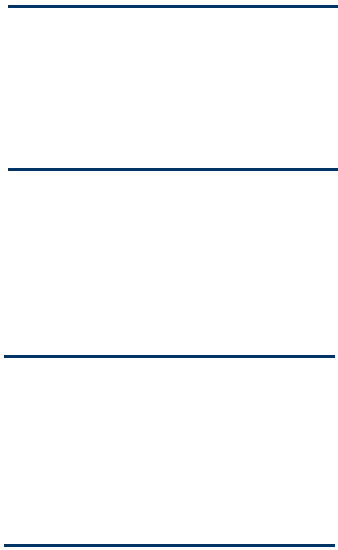


# Μ-δική σηματοδότηση



- Απαιτούμενο εύρος ζώνης
  - Συνάρτηση του ρυθμού συμβόλων (σύμβολα/sec)
  - Συνάρτηση του σχήματος του συμβόλου
- Όσο πιο απότομα αλλάζει το σήμα, τόσο μεγαλύτερο εύρος ζώνης απαιτείται για τη μετάδοσή του.
- Για σήματα σταθερής ισχύος
  - Καθώς το  $M$  αυξάνει, τα σήματα πλησιάζουν...
  - ... και τα λάθη ανίχνευσης στον δέκτη αυξάνουν

# Χωρητικότητα Shannon



4 στάθμες σήματος



Θόρυβος



8 στάθμες σήματος

# Χωρητικότητα διαύλου (C)



- $C = W * \log_2(1 + \text{SNR})$  bps
  - $W$  = εύρος ζώνης διαύλου (Hz)
  - SNR = λόγος σήματος προς θόρυβο στον δίαυλο
- Ο μέγιστος ρυθμός bit που μπορεί να μεταδοθεί αξιόπιστα μέσω μιας σύνδεσης
- Π1) Αναλογικό modem (30 dB SNR)  
 $C = 3500 * \log_2(1 + 1000) = 34.885$  bps
- Π2) Δίαυλος TV 6 MHz (42 dB SNR)  
 $C = 6.000.000 * \log_2(1 + 15.849) = 83.71$  Mbps

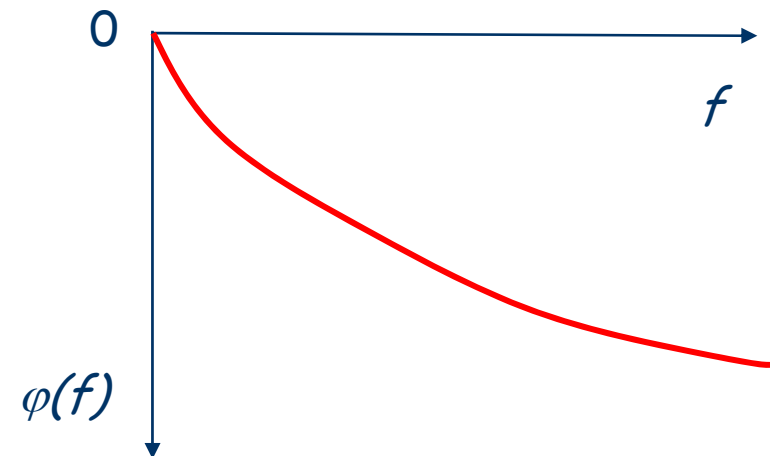
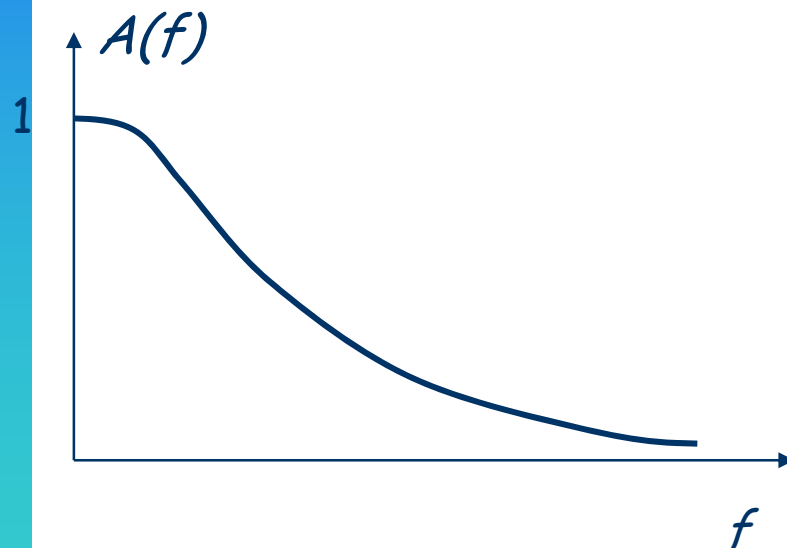
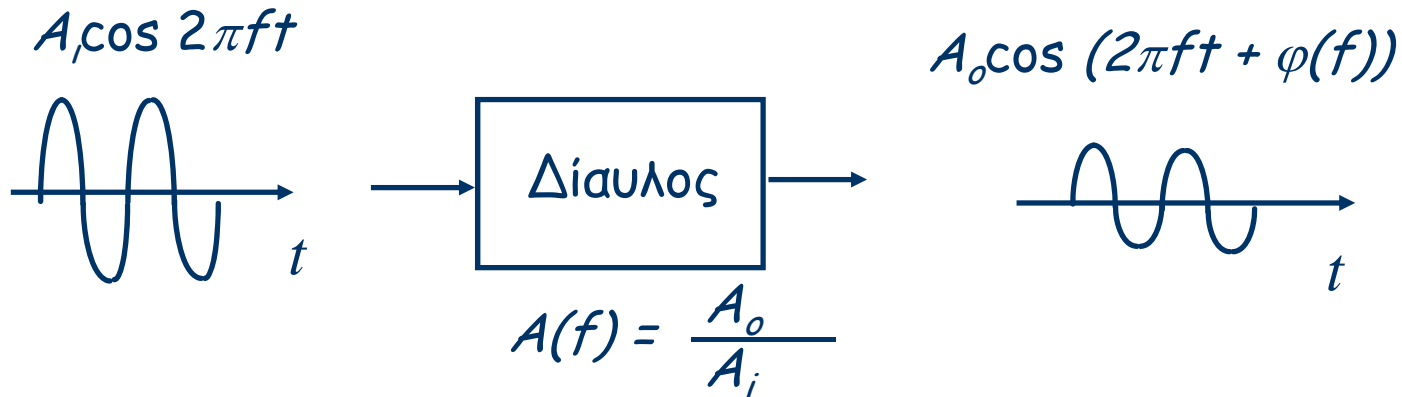


# Ανακεφαλαίωση

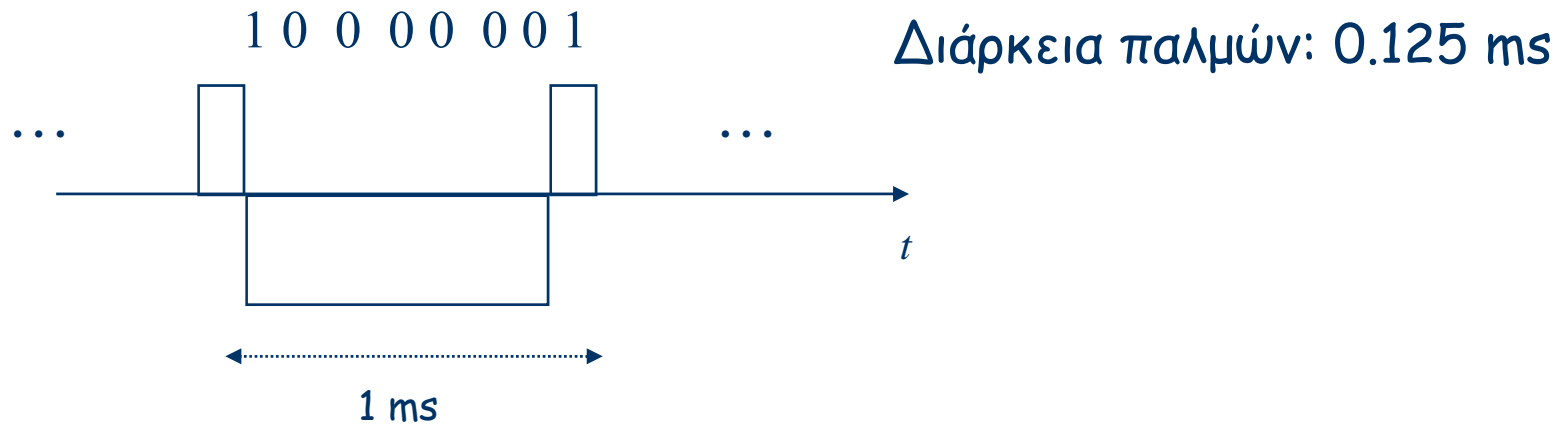


- Το εύρος ζώνης καθορίζει τον ρυθμό συμβόλων (σύμβολα/sec)
- Δύο σύμβολα: δυαδική σηματοδότηση
- Με δοθέν εύρος ζώνης, η Μ-δική σηματοδότηση επιτρέπει αυξημένους ρυθμούς bit
  - Τα σύμβολα πλησιάζουν μεταξύ τους, όταν η ισχύς παραμένει σταθερή
  - Τα λάθη ανίχνευσης στον δέκτη γίνονται πιθανότερα
- Εύρος ζώνης, ρυθμός bit, SNR, και BER σχετίζονται

# Χαρακτηρισμός διαύλου στο πεδίο συχνότητας



# Επίδραση του διαύλου στο σήμα εξόδου



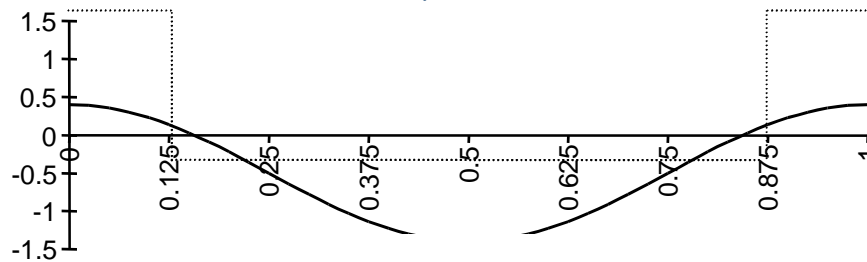
$$x(t) = -0.5 + \left(\frac{4}{\pi}\right) \left\{ \sin\left(\frac{\pi}{4}\right) \cos(2\pi 1000 t) + \sin\left(\frac{2\pi}{4}\right) \cos(2\pi 2000 t) + \right. \\ \left. + \sin\left(\frac{3\pi}{4}\right) \cos(2\pi 3000 t) + \dots \right\}$$

# Επίδραση του διαύλου στο σήμα εξόδου



Για δίαυλο με  $A(f)=1$  και  $\varphi(f)=0$ , στη ζώνη συχνοτήτων 0 έως  $W$

1 αρμονική



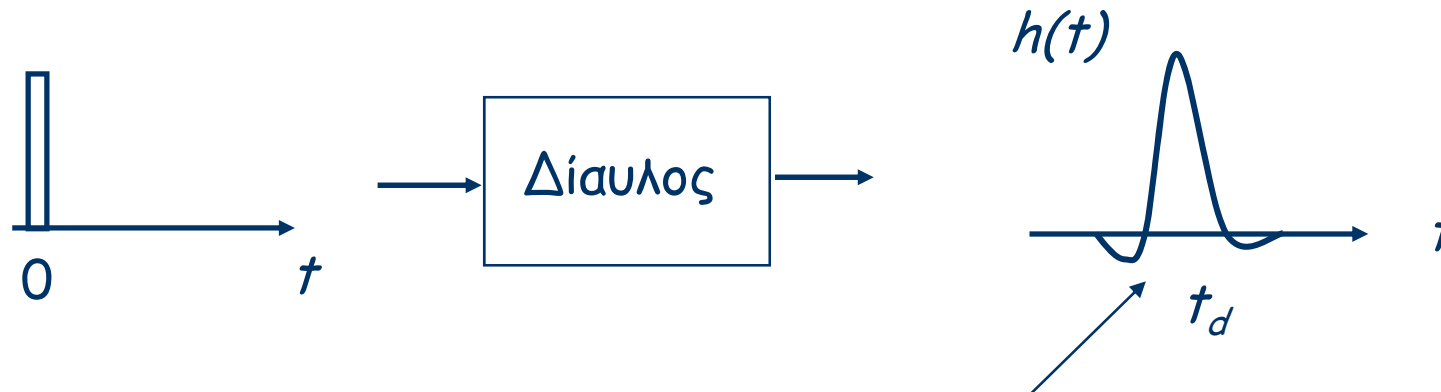
2 αρμονικές



4 αρμονικές



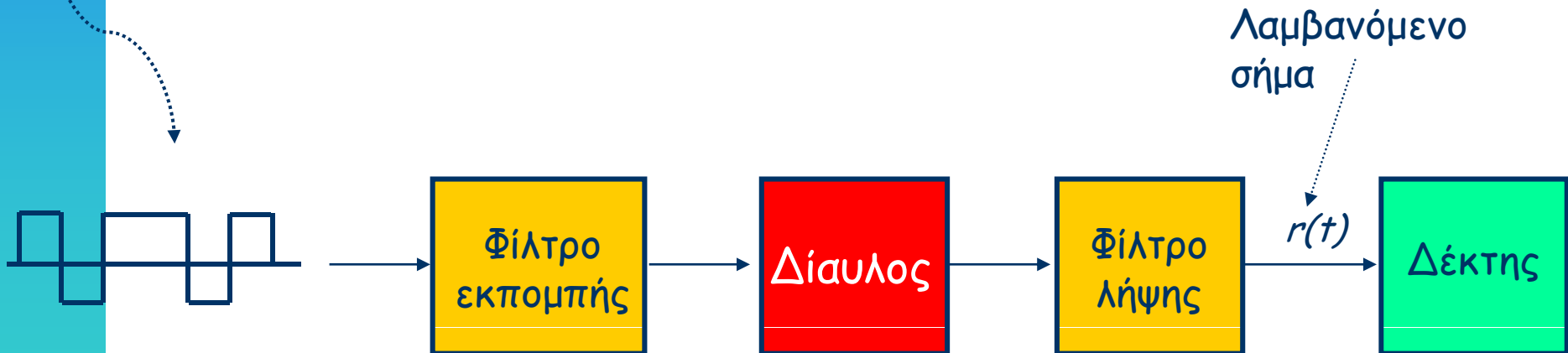
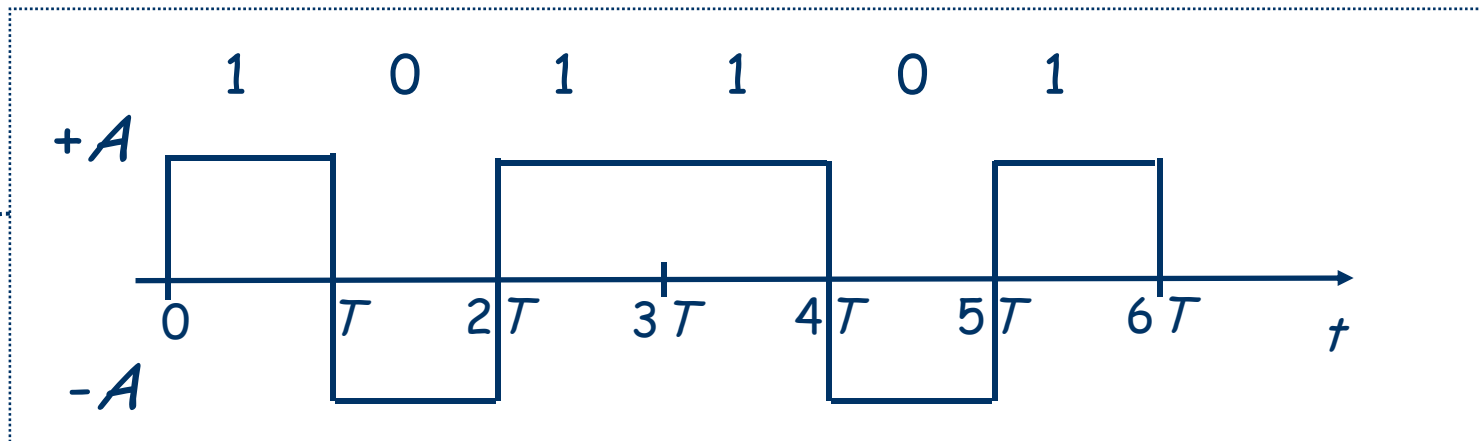
# Χαρακτηρισμός διαύλου στο πεδίο χρόνου



Το άνοιγμα (διάρκεια) της κρουστικής απόκρισης είναι μια ένδειξη του πόσο γρήγορα μπορούν να μεταδοθούν παλμοί στον δίαυλο

Η ελάχιστη απόσταση μεταξύ των παλμών καθορίζεται από τον βαθμό παρεμβολής μεταξύ των παλμών στην έξοδο του διαύλου.

# Μετάδοση βασικής ζώνης



# Μετάδοση βασικής ζώνης



$$r(t) = \sum_k A_k p(t - kT)$$

Όταν ο δέκτης λαμβάνει δείγμα του σήματος για  $t = 0$

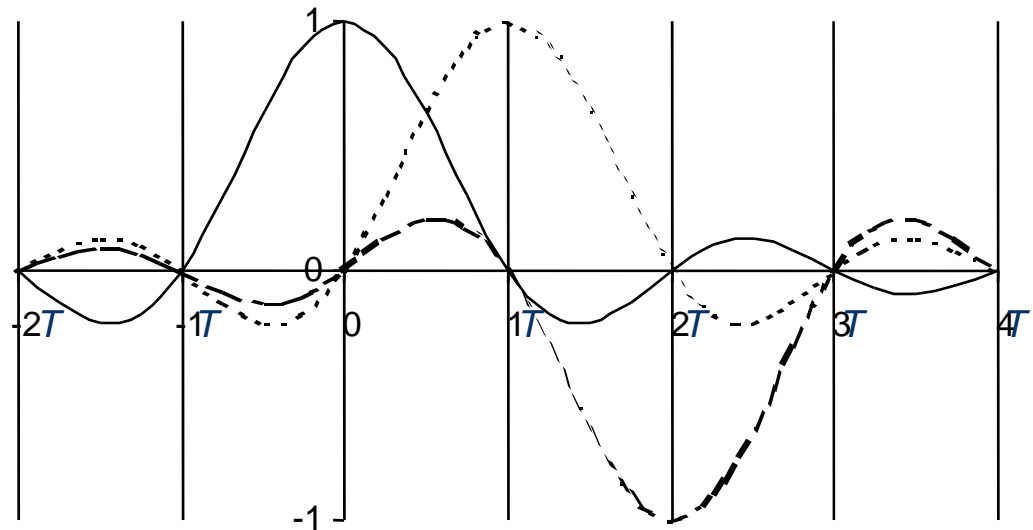
$$r(0) = A_0 p(0) + \sum_{k \neq 0} A_k p(t - kT)$$

Ο δέκτης πρέπει να αντιμετωπίσει τη διασυμβολική παρεμβολή (intersymbol interference)

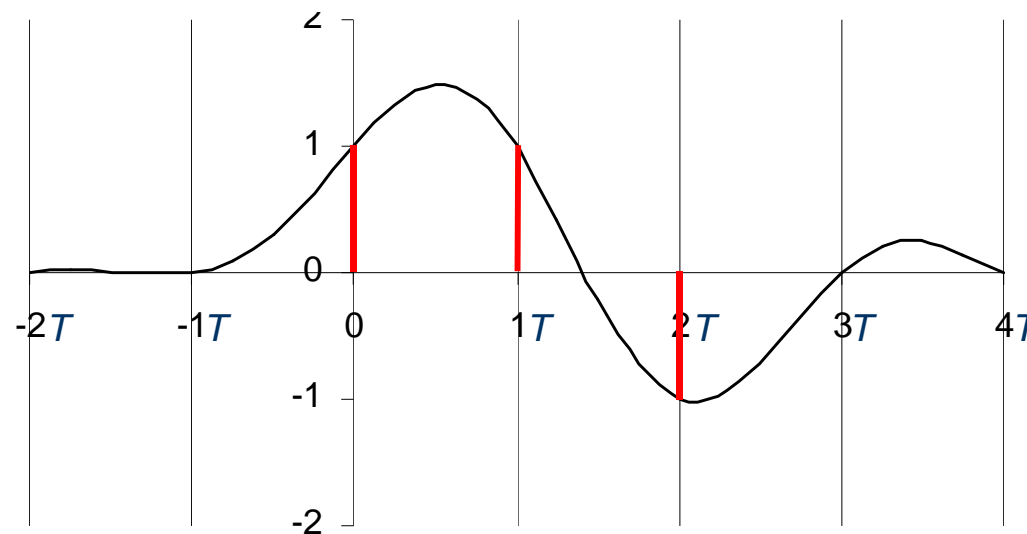
# Μετάδοση βασικής ζώνης



(α) 3 χωριστοί παλμοί για το 110

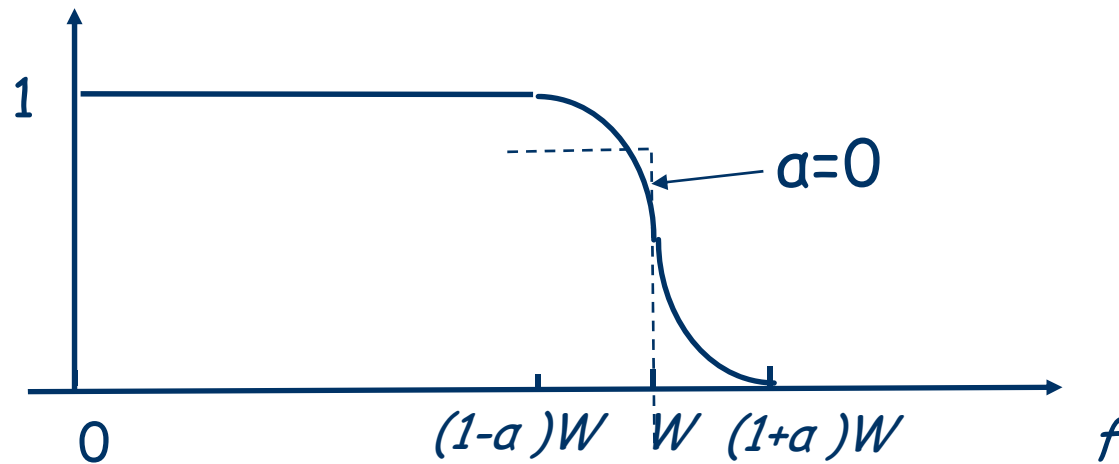
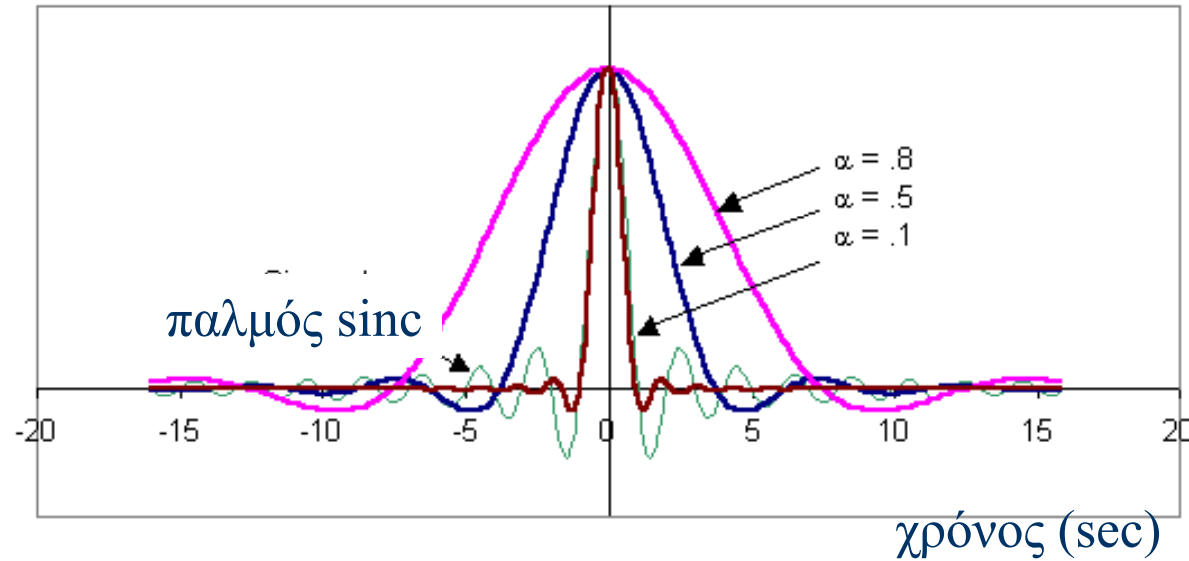


(β) Το συνιστάμενο σήμα για το 110





# Παλμός υπερυψωμένου συνημιτόνου



# Κώδικες γραμμής



1 0 1 0 1 1 1 0 0

Unipolar  
NRZ

Polar NRZ

Bipolar  
Encoding

NRZ-Inverted  
(Differential  
Encoding)

Manchester  
Encoding

Differential  
Manchester  
Encoding

Εισαγωγή στα Δίκτυα Επικοινωνιών - 2008

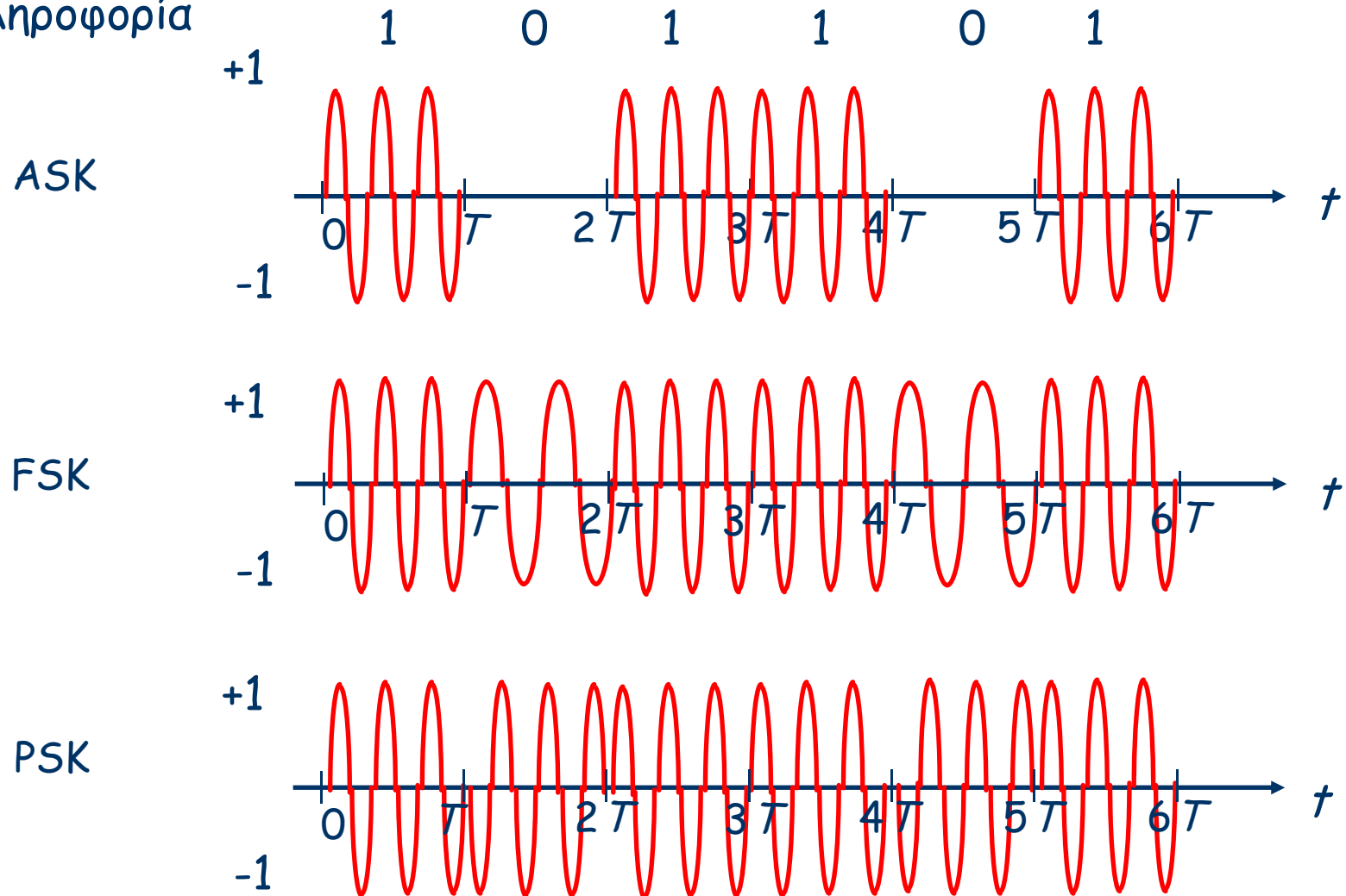
Φυσικό Στρώμα

Μ.Ε. Θεολόγου

# Ψηφιακή διαμόρφωση



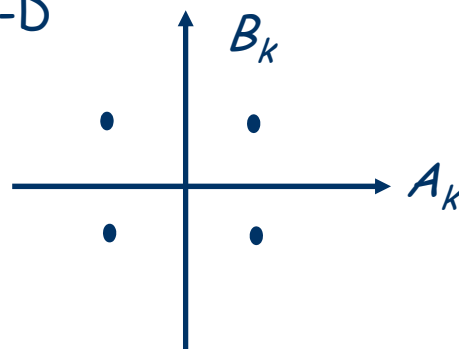
Πληροφορία



# Ψηφιακή διαμόρφωση

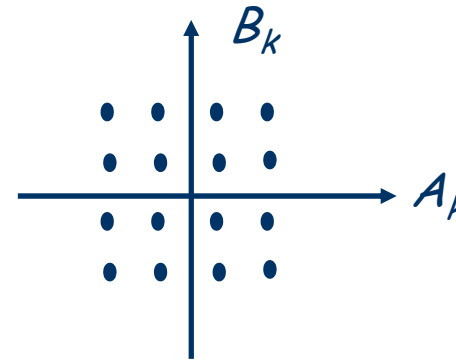


Σήμα 2-D



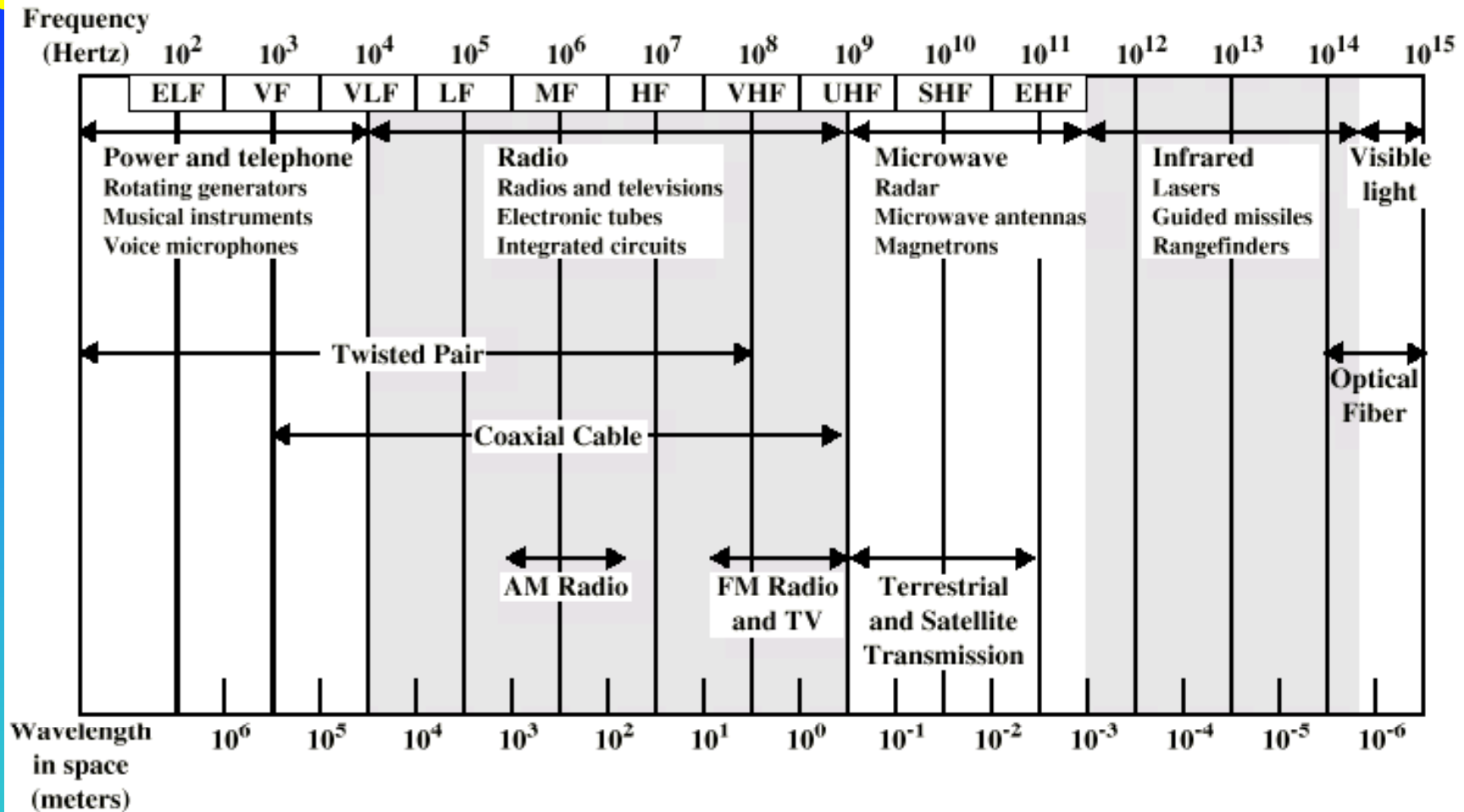
4 "στάθμες" / παλμό  
2 bit / παλμό  
2W bits/sec

Σήμα 2-D



16 "στάθμες" / παλμό  
4 bit / παλμό  
4W bits/sec

# Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα



ELF = Extremely low frequency  
 VF = Voice frequency  
 VLF = Very low frequency  
 LF = Low frequency

MF = Medium frequency  
 HF = High frequency  
 VHF = Very high frequency

UHF = Ultrahigh frequency  
 SHF = Superhigh frequency  
 EHF = Extremely high frequency

# Ενσύρματες φυσικές ζεύξεις



- Απλή δισύρματη γραμμή
  - Επηρεάζεται από ΗΜ παρεμβολές
  - Κακή επιλογή για τηλεπικοινωνιακά συστήματα
    - Παράδειγμα: γραμμές μεταφοράς
- Καλώδια διπλαγωγών
- Ομοαξονικά καλώδια
- Καλώδια οπτικών ινών

# Διπλαγωγός



- Χωριστά μονωμένοι αγωγοί
- Συνεστραμμένοι μαζί
- Συχνά ομαδοποιημένοι σε καλώδια

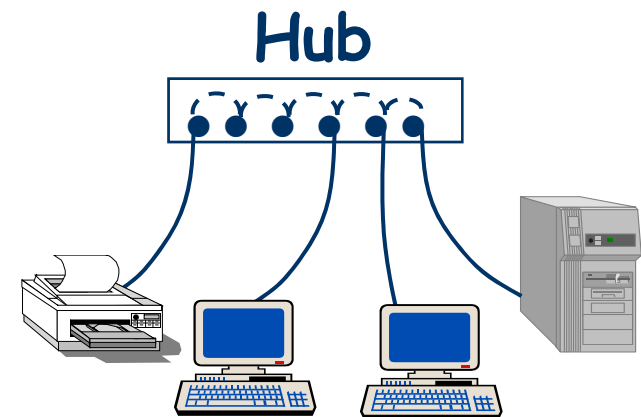


- Φθηνό μέσο
- Ευκόλοχρηστο
- Μικρός ρυθμός μετάδοσης
- Μικρό μήκος

# Διπλαγωγός - Εφαρμογές



- Το συνηθέστερο μέσο μετάδοσης
- Τηλεφωνικό δίκτυο
  - Συνδρομητικός βρόχος
- Μέσα σε κτίρια
  - Γραμμές προς το PBX
- Για τοπικά δίκτυα (LAN)
  - 10Mbps - 100Mbps - 1000Mbps (10/100/1000BaseT)





# Διπλαγωγός - Χαρακτηριστικά μετάδοσης



- Αναλογική μετάδοση
  - Ενισχυτές κάθε 5km έως 6km
- Ψηφιακή μετάδοση
  - Αναλογικά ή ψηφιακά σήματα
  - Επαναλήπτες κάθε 2km ή 3km
- Περιορισμένη απόσταση
- Περιορισμένο εύρος ζώνης (1MHz)
- Περιορισμένος ρυθμός δεδομένων (100Mbps)
- Ευαίσθητος σε παρεμβολές και θόρυβο

# Αθωράκιστοι και Θωρακισμένοι διπλαγωγοί



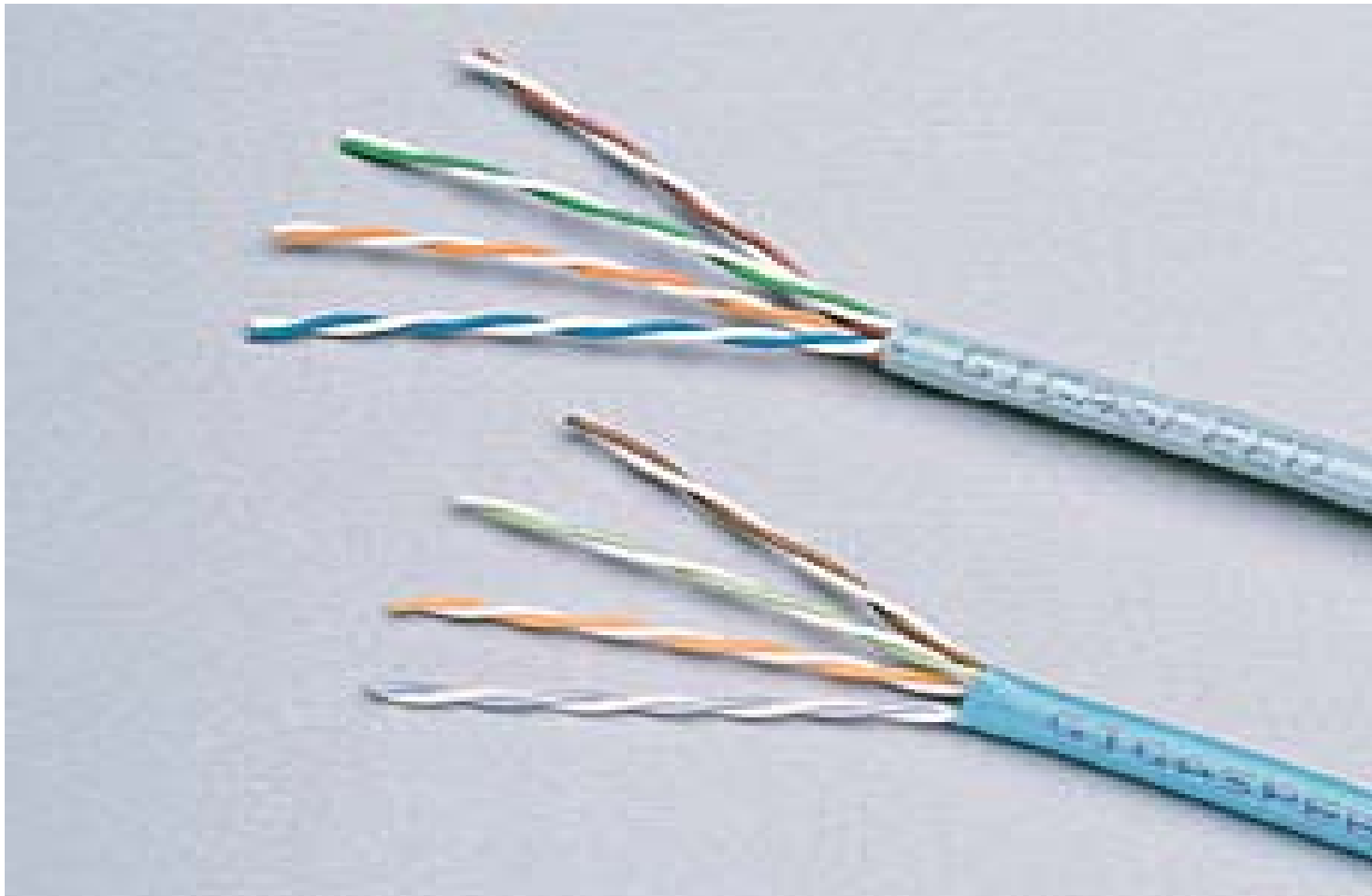
- Αθωράκιστος διπλαγωγός (UTP)
  - Συνηθισμένο τηλεφωνικό καλώδιο
  - Ο φθηνότερος
  - Εύκολος στην εγκατάσταση
  - Ευαίσθητος σε φαινόμενα επαγωγής
- Θωρακισμένος διπλαγωγός (STP)
  - Μεταλλική θωράκιση που περιορίζει τις παρεμβολές
  - Πιο ακριβός
  - Πιο δύσχρηστος

# Κατηγορίες UTP

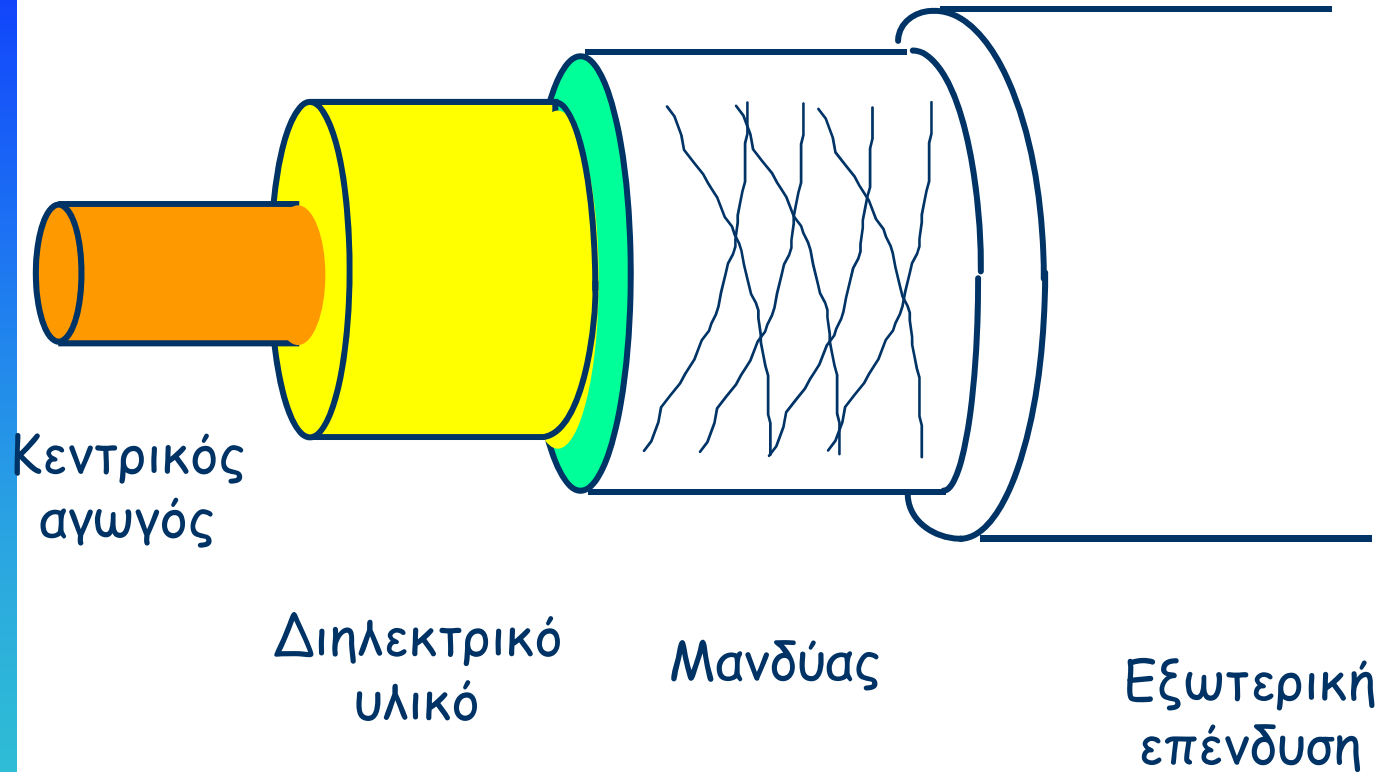


- Cat 3
  - μέχρι και 16Mbps
  - Τηλεφωνικό καλώδιο στα γραφεία
  - Βήμα ελίκωσης από 7.5 cm έως 10 cm
- Cat 5
  - μέχρι και 100 Mbps
  - Συνήθως προεγκατεστημένο σε νέα κτίρια γραφείων
  - Βήμα ελίκωσης 0.6 cm έως 0.85 cm

# Καλώδια διπλαγωγών



# Ομοαξονικό καλώδιο



# Ομοαξονικό καλώδιο - Χρήσεις



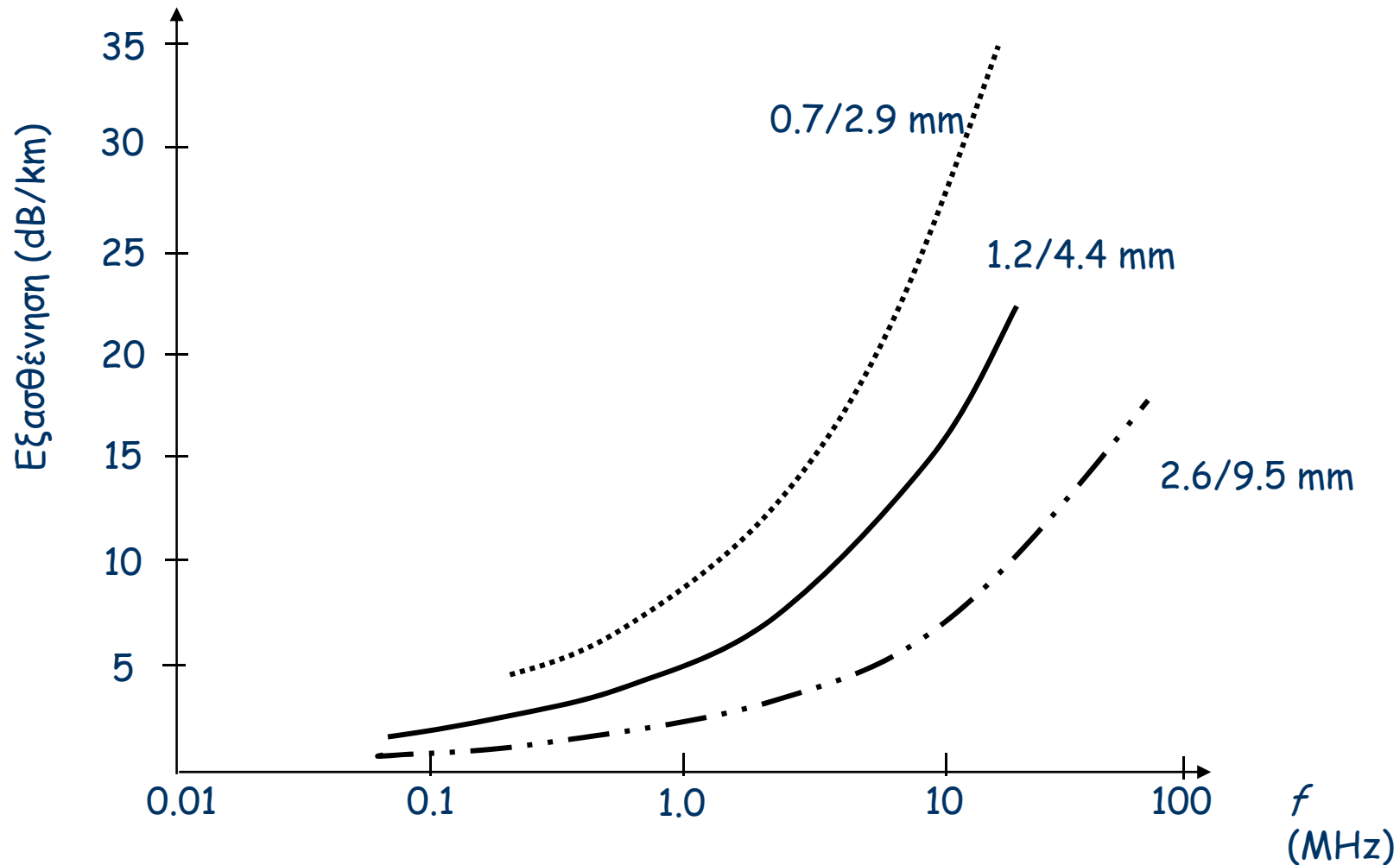
- Πολλαπλές χρήσεις
- Διανομή τηλεοπτικών προγραμμάτων
  - Cable TV
- Υπεραστική Τηλεφωνία
  - Μπορεί να μεταφέρει 10,000 τηλεφωνικές κλήσεις ταυτόχρονα
  - Αντικαθίσταται από τις οπτικές ίνες
- Ζεύξεις μικρών αποστάσεων μεταξύ υπολογιστικών συστημάτων
- Τοπικά δίκτυα (LAN)

# Ομοαξονικό καλώδιο - Χαρακτηριστικά μετάδοσης



- Αναλογική μετάδοση
  - Ενισχυτές κάθε λίγα χιλιόμετρα
  - Μικρότερες αποστάσεις για υψηλότερη συχνότητα
  - Μέχρι 500MHz
- Ψηφιακή μετάδοση
  - Επαναλήπτες κάθε 1km
  - Μικρότερες αποστάσεις για υψηλότερους ρυθμούς

# Ομοαξονικό καλώδιο - Χαρακτηριστικά μετάδοσης

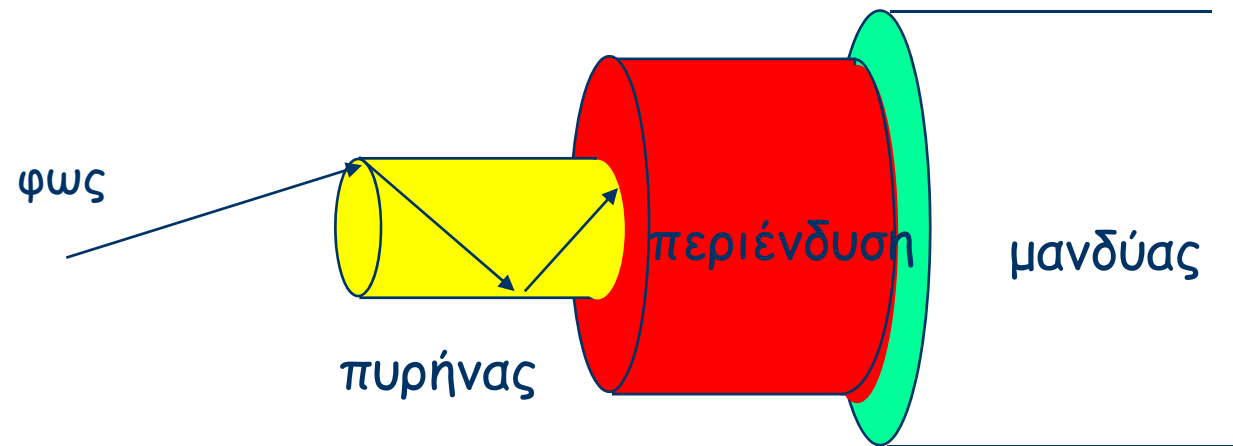




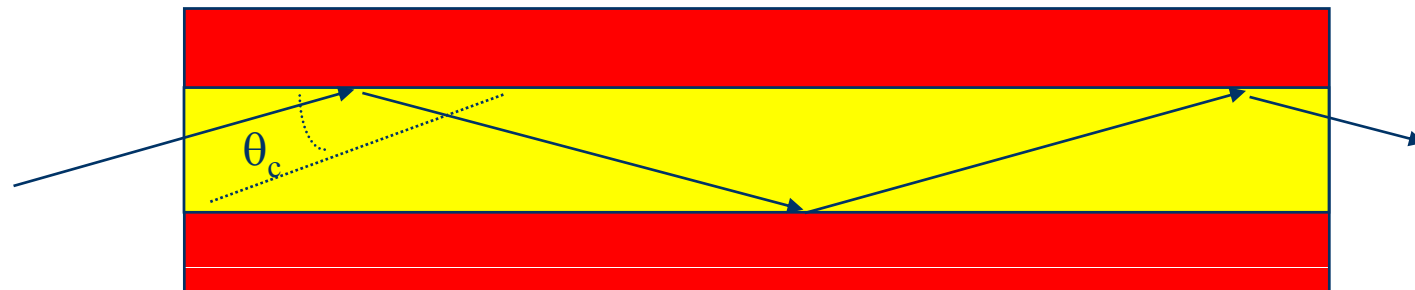
# Οπτική ίνα



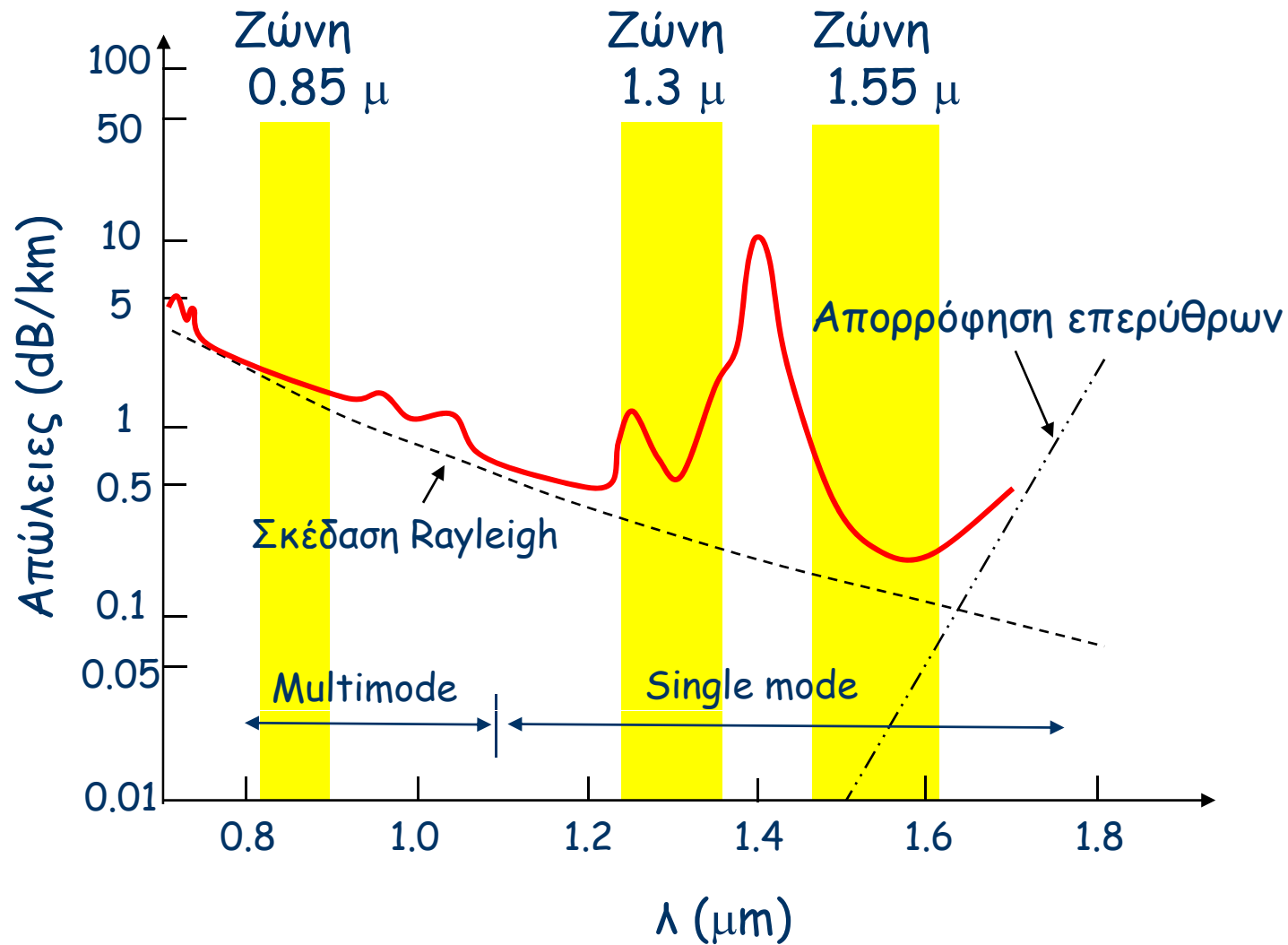
(α) Γεωμετρία



(β) Διάδοση στην οπτική ίνα



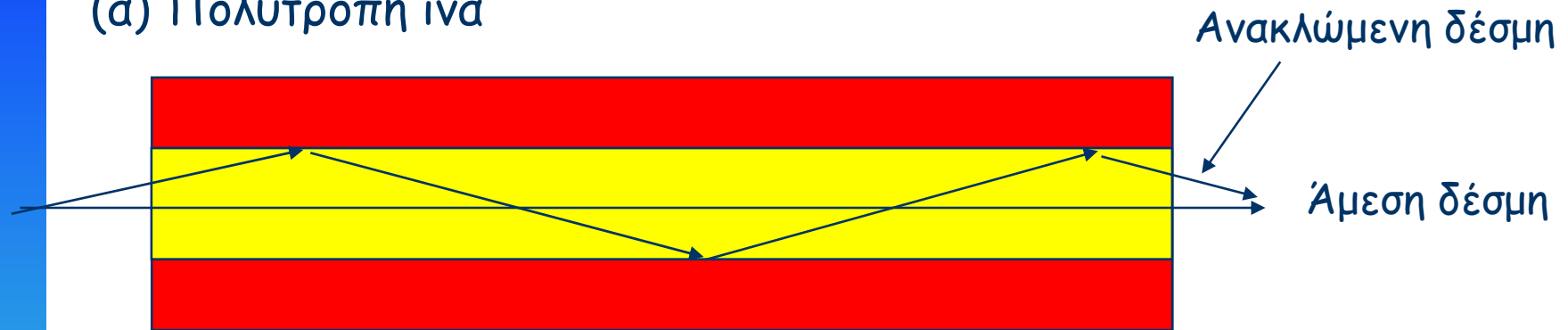
# Οπτική ίνα



# Οπτική ίνα



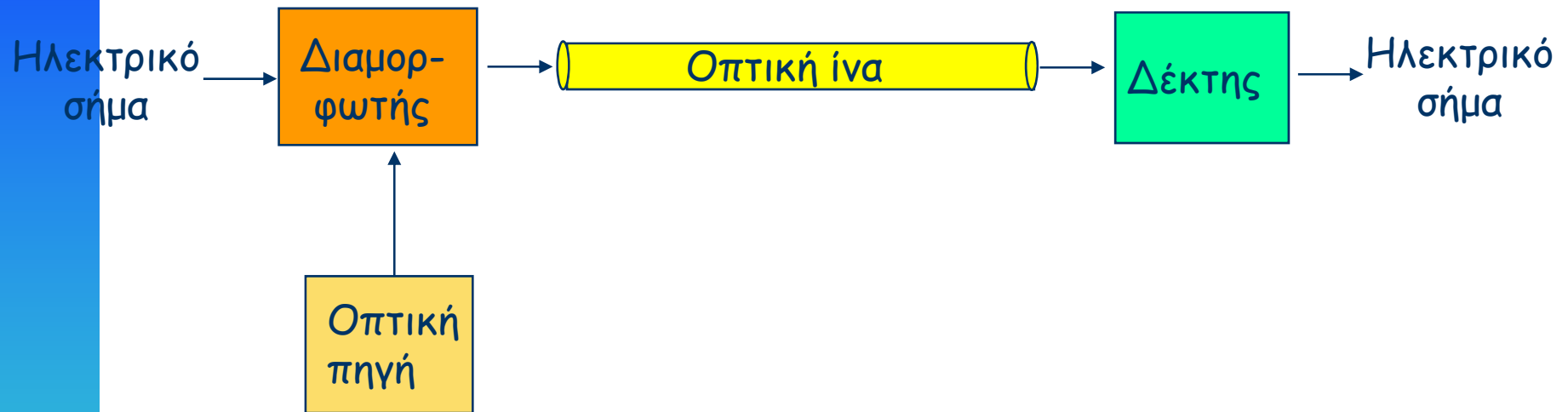
(α) Πολύτροπη ίνα



(α) Μονότροπη ίνα



# Σύστημα οπτικής μετάδοσης



# Οπτική ίνα - Πλεονεκτήματα



- Μεγαλύτερη χωρητικότητα
  - Ρυθμοί μετάδοσης εκατοντάδων Gbps
- Μικρότερο μέγεθος και βάρος
- Μικρότερη εξασθένιση
- Ηλεκτρομαγνητική απομόνωση
- Μεγαλύτερη απόσταση επαναληπτών
  - Δεκάδες km

# Οπτική ίνα - Όριο διασποράς



- Παλμοί φωτός διαδιδόμενη σε οπτική ίνα απλώνουν σε διάρκεια (χρωματική διασπορά)
  - Το χαμηλότερο τμήμα ενέργειας θέλει  $D \text{ sec/km}$  περισσότερο από το υψηλό
  - Για μήκος  $L \Rightarrow D \times L \text{ sec}$
  - Αν  $T$  η διάρκεια του παλμού  $\Rightarrow T + D \times L$  μετά  $L \text{ km}$
  - 10101010... με διαμόρφωση ΟΟΚ
  - Απόσταση παλμών  $T - D \times L$
  - Για  $D \times L \leq T/2$ , όπου  $T = 1/R \Rightarrow R \times L \leq 1/2D$
  - $D$ : ρυθμός διασποράς, εξαρτάται από την οπτική ίνα

# Είδη οπτικών ινών



- Κλιμακωτού δείκτη διάθλασης (step-index)
  - $R \times L \leq 10 \text{ Mbps} \times \text{km}$
- Βαθμιαίου δείκτη διάθλασης (graded-index, GRIN)
  - $R \times L \leq 1 \text{ Gbps} \times \text{km}$
- Μονότροπες (single-mode)
  - $R \times L \leq 200 \text{ Gbps} \times \text{km}$
  - Διάμετρος διατομής  $d \leq 8 \mu\text{m}$

# Ασύρματη μετάδοση



- Μη οδηγούμενα μέσα
- Εκπομπή και λήψη μέσω κεραίας
- Κατευθυντική μετάδοση
  - Εστιασμένη δέσμη
  - Προσεκτική ευθυγράμμιση
- Μονόπλευρη μετάδοση
  - Ισοτροπική μετάδοση
  - Μπορεί να ληφθεί από πολλές κεραίες



# Συχνότητες



- 2GHz έως 40GHz
  - Μικροκύματα
  - Υψηλή κατευθυντικότητα
  - Σημείου προς σημείο
  - Δορυφορικές ζεύξεις
- 30MHz έως 1GHz
  - Μονόπλευρη μετάδοση
  - Ασύρματη εκπομπή
- $3 \times 10^{11}$  έως  $2 \times 10^{14}$ 
  - Υπέρυθρη ακτινοβολία
  - Τοπική χρήση

# Επίγειες μικροκυματικές ζεύξεις



- Παραβολικές κεραίες
- Εστιασμένες δέσμες
- Οπτική επαφή
- Τηλεπικοινωνίες μεγάλων αποστάσεων
- Υψηλότερες συχνότητες δίνουν υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης
- 2-40 GHz



# Επίγειες μικροκυματικές ζεύξεις



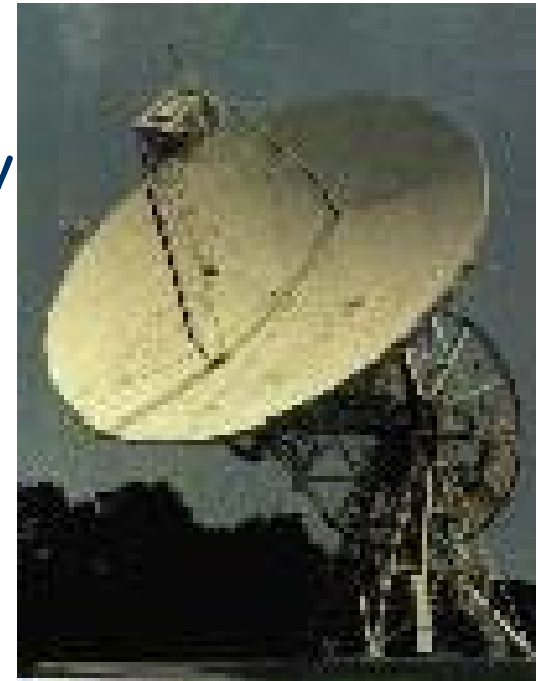
- Εξασθένηση
  - Απώλειες ανάλογες με το τετράγωνο της απόστασης, επαναλήπτες κάθε 10-100km
  - Αυξημένη εξασθένηση με τη βροχή
- Παρεμβολές
- Κατανομή φάσματος



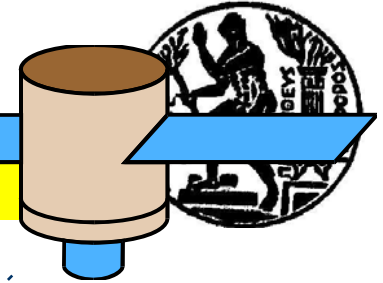
# Δορυφορικές ζεύξεις



- Μετάδοση προς δορυφόρους ευρισκόμενους σε τροχιά
- Διαφορετικές συχνότητες ανόδου/καθόδου
- Χρήσεις
  - τηλεόραση
  - τηλεπικοινωνίες μεγάλων αποστάσεων
  - ιδιωτική δικτύωση εταιριών
- 2-40 GHz; > 40GHz sat-sat

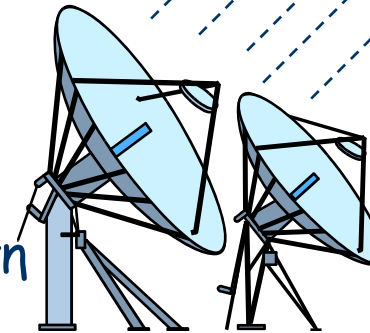


# Δορυφορικές ζεύξεις



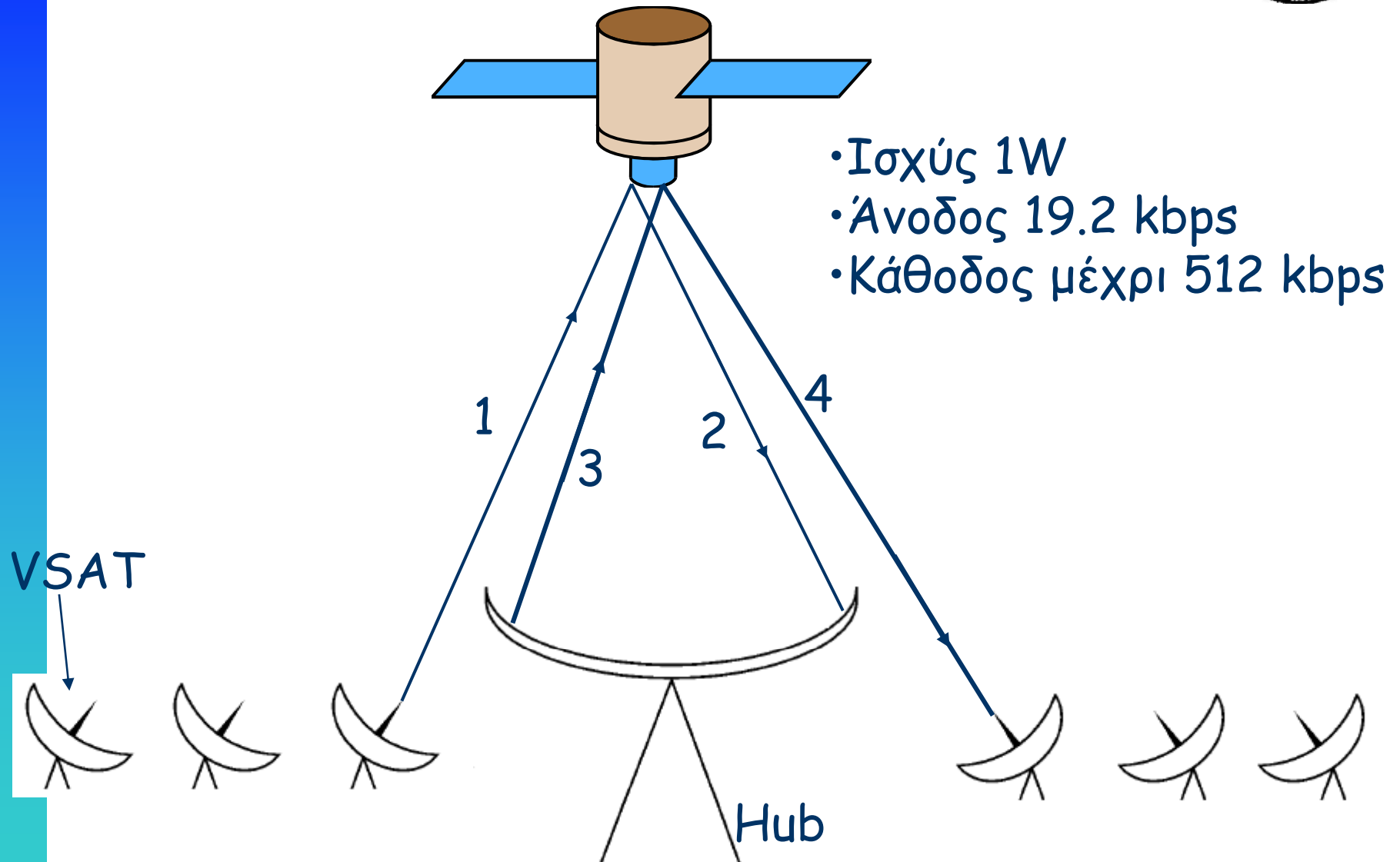
- Χαρακτηριστικά μετάδοσης

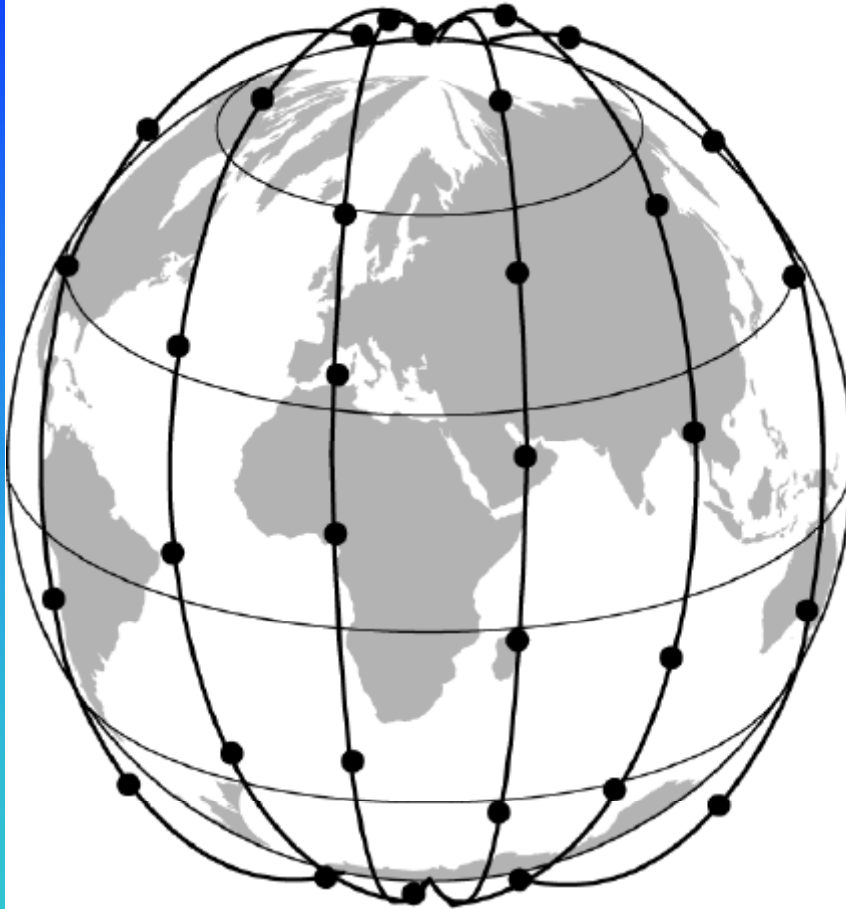
- συνήθως 2-30 GHz
  - < 2 GHz μεγάλη παρεμβολή
  - >10 GHz ατμοσφαιρική απορρόφηση
- Συνήθη ζεύγη
  - 4/6 band (5.925-6.425 άνοδος, 3.7-4.2 κάθοδος) [C-band]
  - 12/14 band (14-14.5 άνοδος, 11.7-12.2 κάθοδος) [Ku-band]
- Σε υψηλότερες συχνότητες απαιτούνται ισχυρότερα σήματα
- Καθυστέρηση 240-300ms, αισθητή στις επικοινωνίες



- Επίγεια παρεμβολή

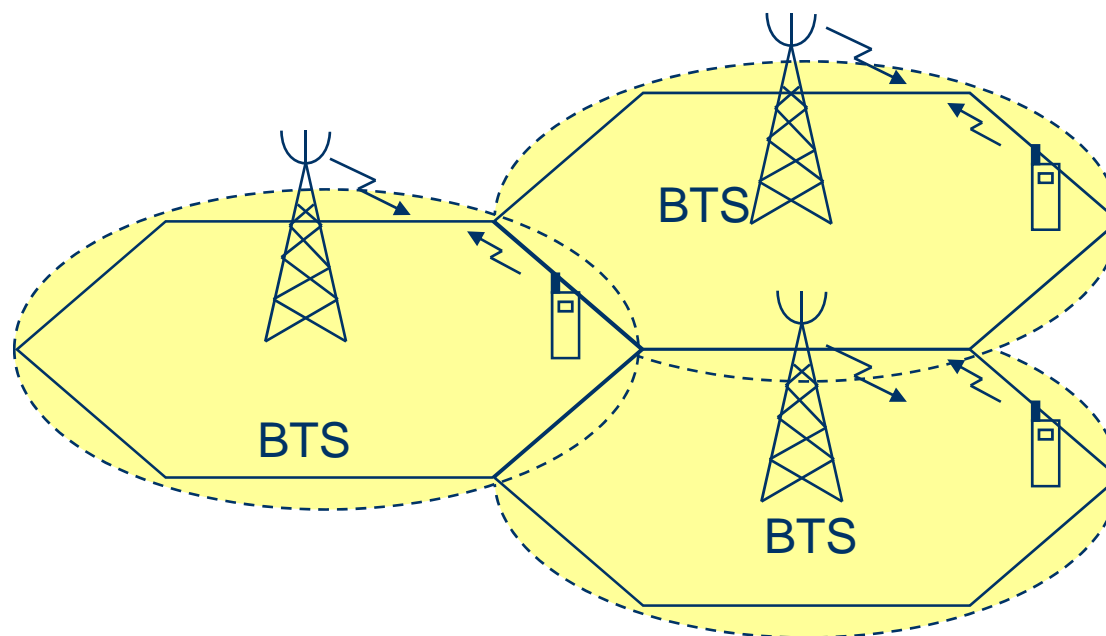
# VSAT





- 66 δορυφόροι
- Ύψος 750 km
- Απόσταση 32° γεωγρ. πλ.
- 48 δέσμες/δορυφόρο (max)
- 1628 κυψέλες
- Επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων κάθε 2 κυψέλες
- 174 αμφ. Δίαυλοι/κυψέλη
- Ζώνη L, 1.6 GHz

# Κυψελωτά συστήματα



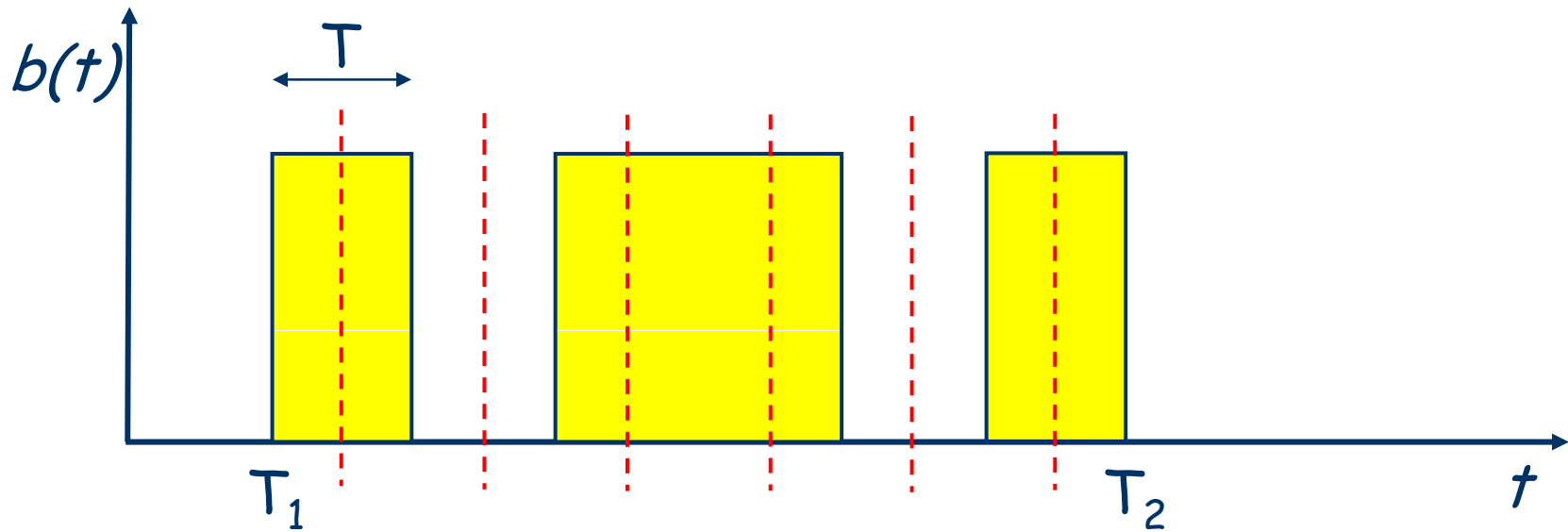


# Infrared Data Adapter (IrDA)



- Υπέρυθρη ακτινοβολία
- Οπτική επαφή (ή ανάκλαση)
- Δεν διαπερνά τοίχους
- π.χ. τηλεκοντρόλ TV, IRD port
- Υπάρχουν πρότυπα για ταχύτητες 2.4 kbps, 115.2 kbps, 1.152 Mbps, 4 Mbps
- $\lambda = 0.86 \mu\text{m}$ , για απόσταση 1 m

# Συγχρονισμός



# Ασύγχρονη και σύγχρονη μετάδοση



- Προβλήματα χρονισμού απαιτούν μηχανισμό για να συγχρονίζεται ο πομπός και ο δέκτης
- Δύο λύσεις
  - Ασύγχρονη μετάδοση
  - Σύγχρονη μετάδοση

# Ασύγχρονη μετάδοση



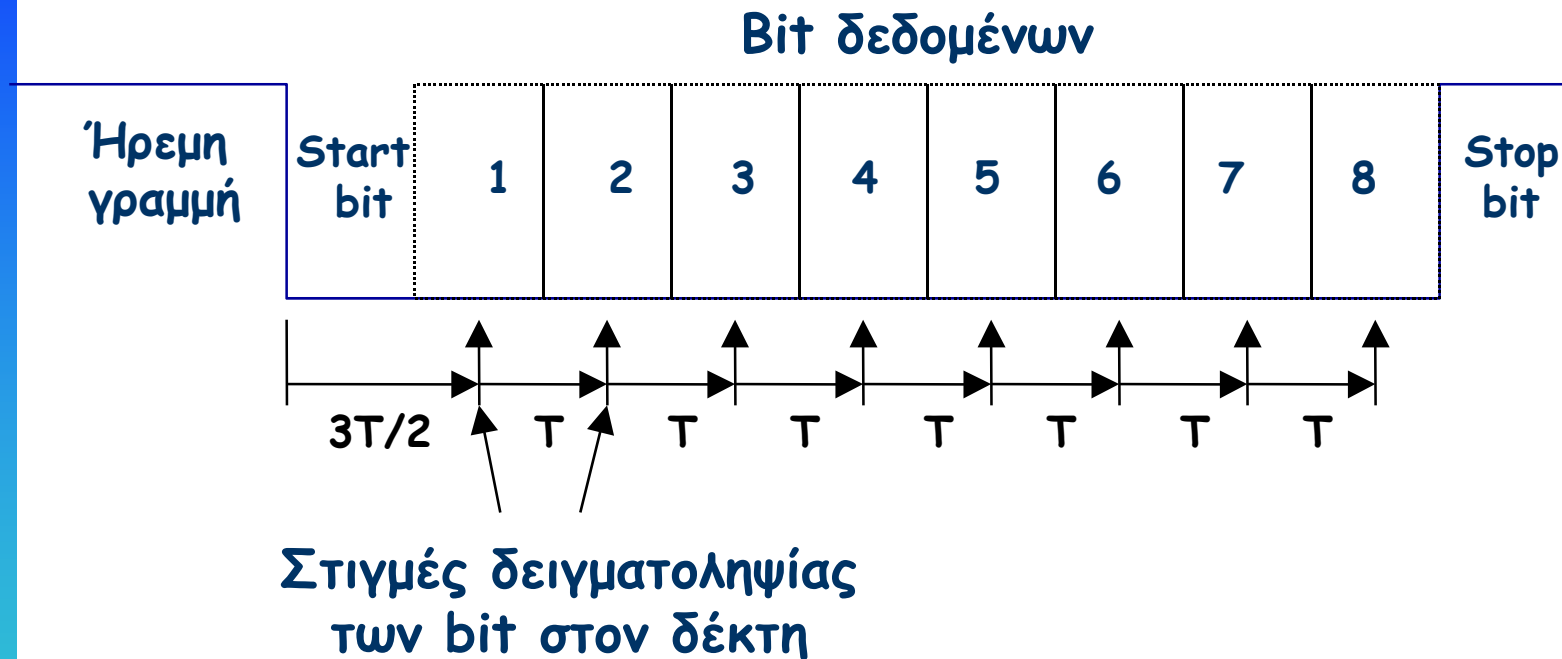
- Τα δεδομένα μεταδίδονται με χαρακτήρες, ένας χαρακτήρας κάθε φορά
  - 5 ως 8 bit
- Ο χρονισμός χρειάζεται να διατηρείται μόνο μέσα σε κάθε χαρακτήρα
- Επανασυγχρονισμός με κάθε χαρακτήρα

# Ασύγχρονη μετάδοση

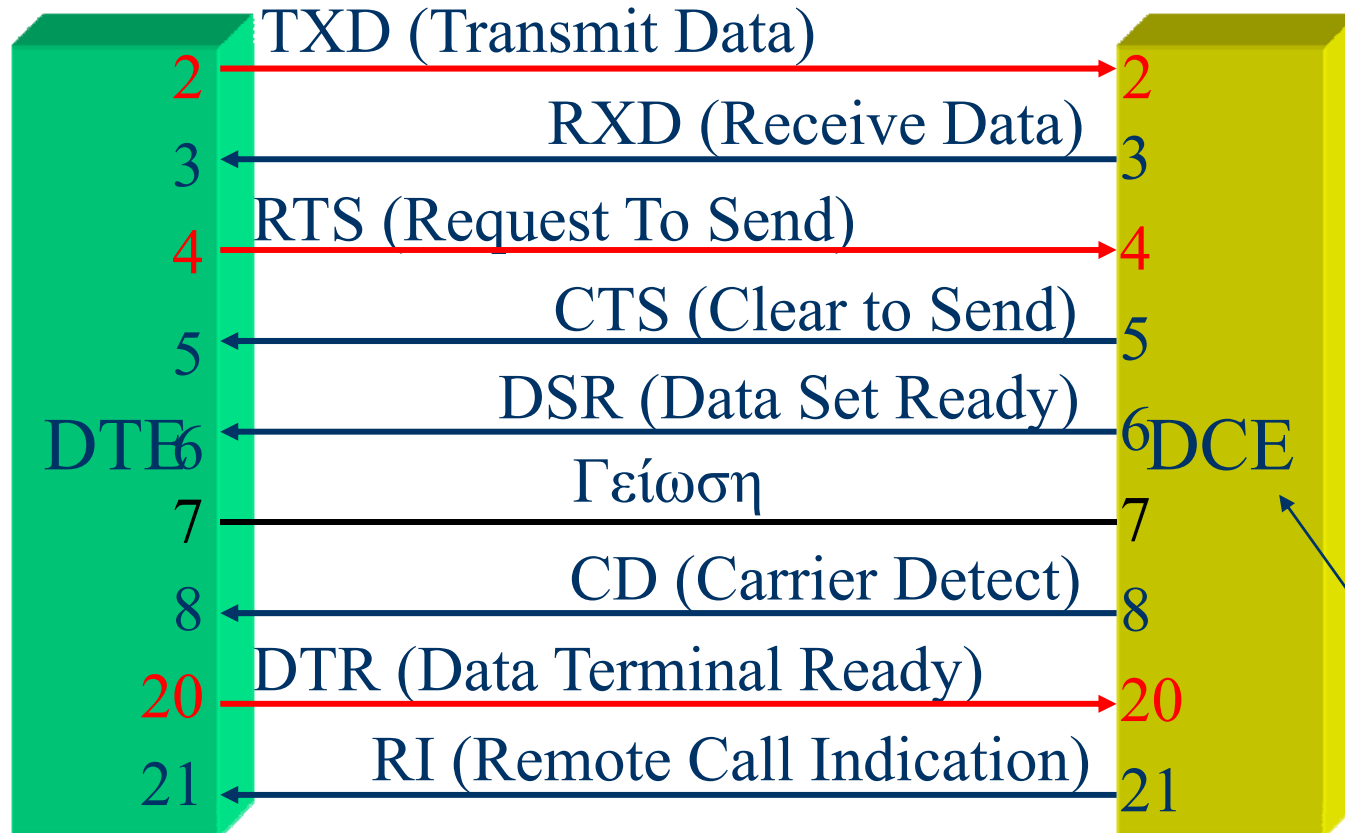


- Σε σταθερή ροή, η απόσταση μεταξύ χαρακτήρων είναι ομοιόμορφη (μήκος του στοιχείου stop)
- Στην κατάσταση ηρεμίας, ο δέκτης ψάχνει για μετάβαση από 1 σε 0
- Τότε δειγματολαμβάνει τα επόμενα επτά διαστήματα (μήκος χαρακτήρα)
- Στη συνέχεια ψάχνει για την επόμενη μετάβαση από 1 προς 0 για τον επόμενο χαρακτήρα
  
- Απλή
- Φθηνή
- Πλεονασμός 2 ή 3 bit ανά χαρακτήρα (~20%)
- Καλή για δεδομένα με μεγάλα κενά (keyboard)

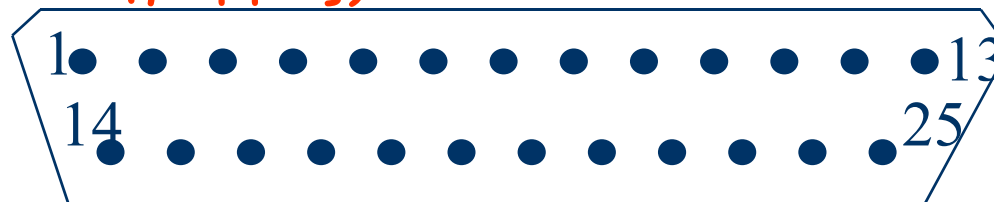
# Συγχρονισμός στην ασύγχρονη μετάδοση



# Ασύγχρονη μετάδοση με RS-232-C



(Συνδέονται 4-9 γραμμές)



Data Circuit terminating Equipment

# Σύγχρονη μετάδοση



- Ανάγκη καθορισμού της αρχής και του τέλους της ομάδας
- Χρήση ενδεικτική αρχής και τέλους
- Πιο αποδοτική (μικρότερος πλεονασμός) από την ασύγχρονη

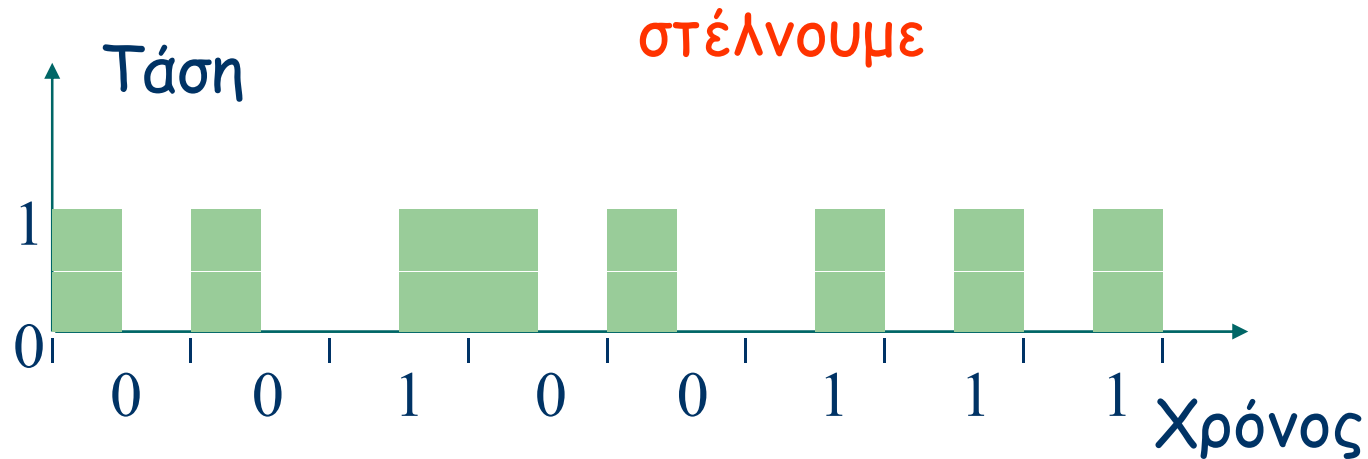


# Σύγχρονη μετάδοση



- Στη σύγχρονη μετάδοση μεταδίδονται πιο μακριές ακολουθίες από bits που ονομάζονται πακέτα.
- Ο δέκτης συγχρονίζεται χρησιμοποιώντας είτε ρολόι μεγάλης ακριβείας είτε κώδικα αυτοσυγχρονισμού.
- Η κωδικοποίηση Manchester είναι ένας τρόπος μετάδοσης που διευκολύνει τον συγχρονισμό.
- Εσωτερικά τα μηνύματα μπορούν να περιέχουν χαρακτήρες ή να περιέχουν bits των οποίων η σημασία προσδιορίζεται από τη θέση τους.

# Κωδικοποίηση Manchester



Κερδίζουμε σε συγχρονισμό. Τι χάνουμε;