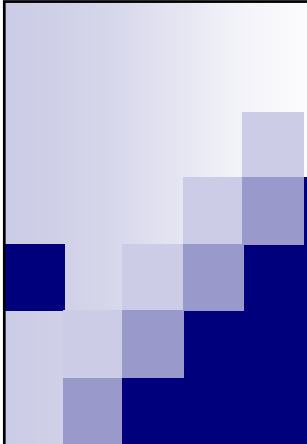




Δίκτυα Απευθείας Ζεύξης

Επικοινωνία μεταξύ δύο υπολογιστών οι οποίοι είναι απευθείας συνδεδεμένοι – Φυσικό Επίπεδο.

Περίληψη



- Ζεύξεις σημείου προς σημείο (point-to-point links)
 - Ανάλυση σημάτων
 - Μέγιστη χωρητικότητα μέσου (transmission capacity)
 - Κωδικοποίηση σημάτων

Ανάλυση Fourier

- Κάθε περιοδικό σήμα μπορεί να αναλυθεί σε ένα άθροισμα από ημιτονοειδής συναρτήσεις.

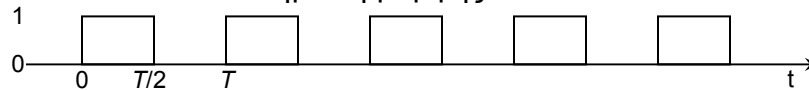
$$f(t) = \frac{b_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \left[a_n \sin\left(\frac{2\pi nt}{T}\right) + b_n \cos\left(\frac{2\pi nt}{T}\right) \right]$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sin\left(\frac{2\pi nt}{T}\right) dt, \quad n \geq 1$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos\left(\frac{2\pi nt}{T}\right) dt, \quad n \geq 0$$

Ανάλυση Fourier - Παράδειγμα

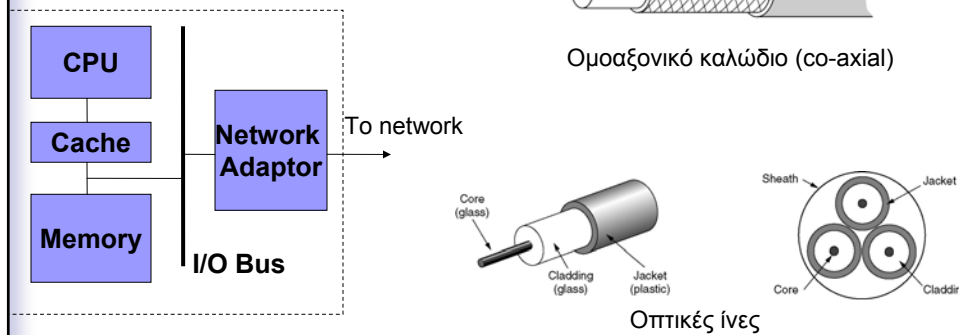
- Υποθέστε ένα σήμα τη μορφής 1010101....



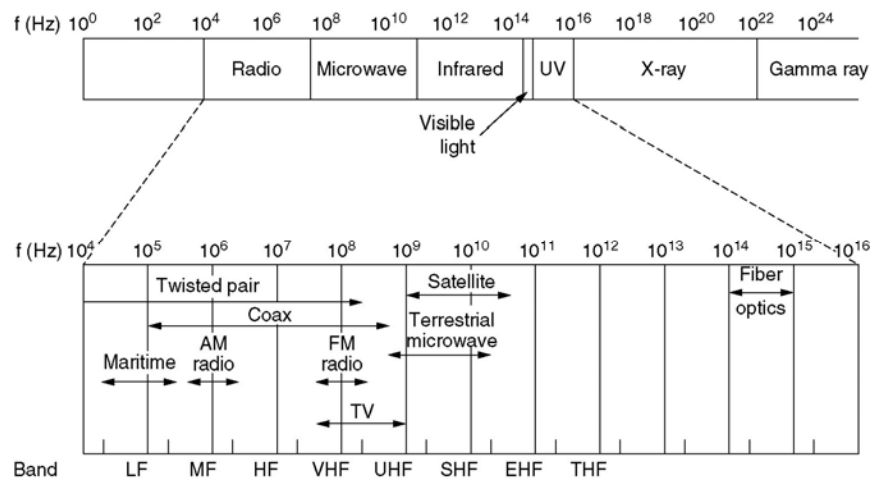
- Πως αναλύεται το σήμα 11101001.

Ζεύξεις σημείου προς σημείο

Ασύρματη ή δορυφορική
ζεύξη. Ζεύξη με λέιζερ.



Ηλεκτρομαγνητικό Φάσμα



Μέσα Διάδοσης

- Προβλήματα μέσων διάδοσης
 - Απώλειες (attenuation)
 - Παραμόρφωση (distortion)
 -
- Ενσύρματα ή ασύρματα
 - Τα ενσύρματα μέσα γενικά επηρεάζονται «λιγότερο» από τα πιο πάνω προβλήματα.
 - Τα οπτικά μέσα (fiber optic) έχουν σίγουρα την καλύτερη απόδοση
 - Τα ασύρματα μέσα έχουν τα δικά τους πλεονεκτήματα
 - Δεν χρειάζονται «φυσική» σύνδεση
 - Πιο εύκολη εγκατάσταση
 - Υποστηρίζουν κινητικότητα των χρηστών

Χωρητικότητα Μέσου (Transmission Capacity)

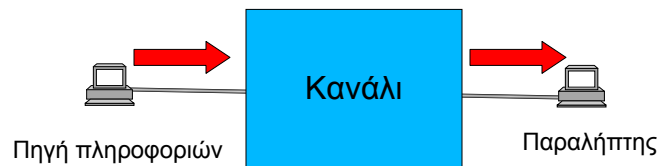
- Κάθε μέσο μπορεί να μεταφέρει δεδομένα με ένα μέγιστο ρυθμό ο οποίος προσδιορίζεται από τα φυσικά χαρακτηριστικά του μέσου.
- Κάθε μέσο λειτουργεί σαν ένα φίλτρο (low pass filter) με κάποιο εύρος ζώνης (bandwidth) (ας πούμε H (Hz)).
- Υποθέστε ότι το σήμα το οποίο μεταδίδεται έχει V επίπεδα (π.χ. για διαδική μετάδοση $V=2$)
- **Nyquist Theorem**
$$\text{Maximum Data Rate} = 2H \log_2 (V) \text{ bits / sec}$$
- **Παράδειγμα:** Ποιος ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης μέσα από ένα κανάλι εύρους ζώνης 10KHz στην περίπτωση διαδικής μετάδοσης:

Χωρητικότητα Μέσου (Transmission Capacity)

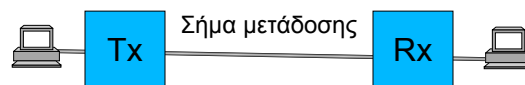
- Το θεώρημα Nyquist ισχύει σε ιδανικές περιπτώσεις. Όταν υπάρχει θόρυβος, τότε ισχύει **και** το
- **Shannon Theorem**
$$\text{Maximum Data Rate} = H \log_2 (1 + S / N) \text{ bits / sec}$$
- Όπου H είναι το εύρος ζώνης και S/N_{dB} είναι ο λόγος του σήματος προς το θόρυβο στη λογαριθμική κλίμακα dB
- **Παράδειγμα:** Ποιος ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης μέσα από ένα κανάλι εύρους ζώνης 10KHz στην περίπτωση που το S/N_{dB} είναι 30dB;

Κωδικοποίηση Σημάτων (Signal Encoding)

- Σύστημα επικοινωνιών

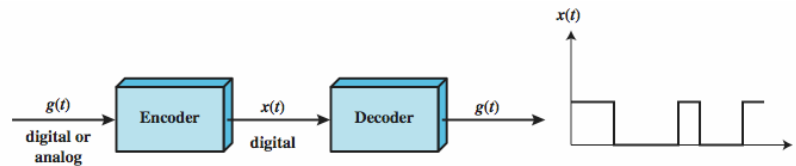


- Τύποι Συστημάτων

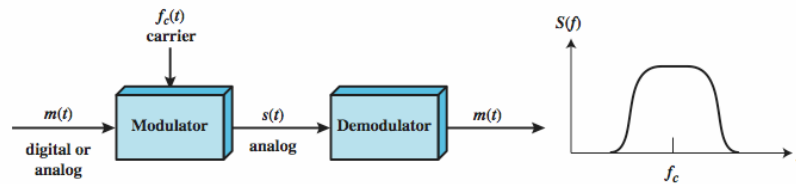


- Αναλογικές ή ψηφιακές πληροφορίες
 - Φωνή ή δεδομένα
- Αναλογικό ή ψηφιακό σήμα μετάδοσης

Τεχνικές Κωδικοποίησης και Διαμόρφωσης



(a) Encoding onto a digital signal



(b) Modulation onto an analog signal

Ψηφιακές πληροφορίες – Ψηφιακό Σήμα

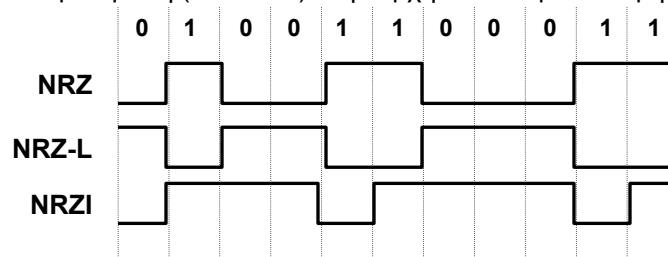
- Γενικά ο εξοπλισμός για τη μετάδοση ψηφιακών πληροφοριών μέσω ψηφιακών σημάτων είναι πιο απλός και πιο οικονομικός
- Ψηφιακά σήματα έχουν το πλεονέκτημα ότι οι αναμεταδότες μπορούν να αποκωδικοποιήσουν το σήμα και να αφαιρέσουν τυχόν θόρυβο.
- Ρυθμός μετάδοσης
 - Ρυθμός μετάδοσης συμβόλων (baud rate – symbols per second or pulses per second).
- Κωδικοποίηση
 - Απόλυτη κωδικοποίηση (το σήμα αντιπροσωπεύει τα δεδομένα)
 - Διαφορική κωδικοποίηση (το σήμα αντιπροσωπεύει «αλλαγές» στα δεδομένα)

Ψηφιακές πληροφορίες – Ψηφιακό Σήμα

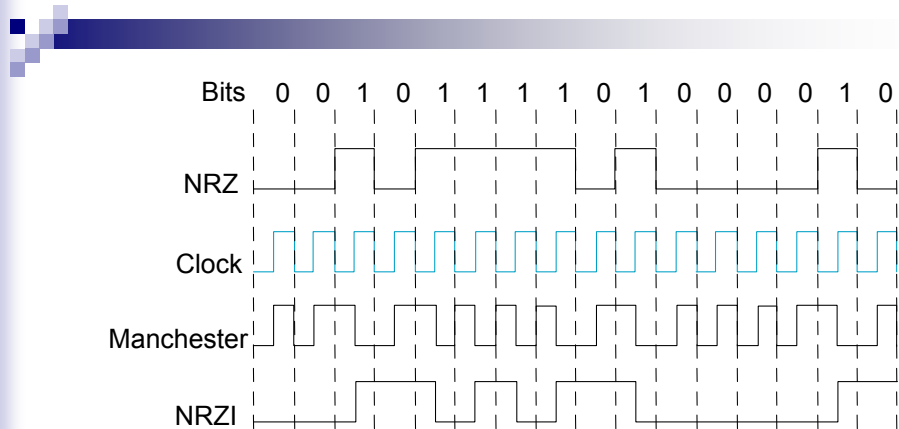
- Μονοπολική (unipolar) ή διπολική κωδικοποίηση (bipolar).
 - Μονοπολική: Το σήμα εναλλάσσεται μεταξύ θετικής τιμής και μηδέν.
 - Διπολική: Το σήμα εναλλάσσεται μεταξύ θετικών και αρνητικών τιμών

Ψηφιακές πληροφορίες – Ψηφιακό Σήμα

- Non-Return to Zero (NRZ)
 - 0= χαμηλή στάθμη (0 volt), 1= υψηλή στάθμη (5 volt)
- Non-Return to Zero (NRZ-L)
 - 1= χαμηλή στάθμη (0 volt), 0= υψηλή στάθμη (5 volt)
- Non-Return to Zero, Invert on one (NRZI)
 - 1= μετάβαση (transition) στην αρχή του παλμού. 0=μη μετάβαση



Κώδικας Manchester



Scrambling

■ Κώδικας 4B/5B

- Κάθε 4-bits αντικαθίστανται με ένα νέο κώδικα μήκους 5-bits έτσι ώστε ο νέος κώδικας
 - δεν έχει περισσότερα από ένα αρχικά μηδενικά
 - ούτε περισσότερα από δύο μηδενικά στο τέλος.
- Ο νέος κώδικας μεταδίδεται χρησιμοποιώντας κωδικοποίηση NRZI.
- Ο κώδικας 4B/5B έχει απόδοση 80%

Ψηφιακά Δεδομένα – Αναλογικό Σήμα (modem)

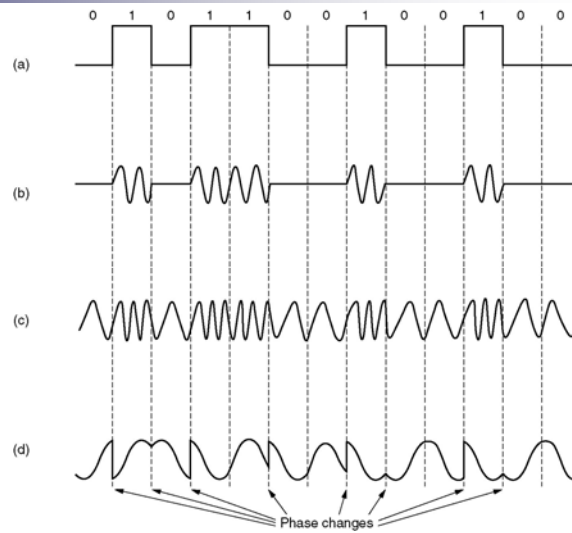
- Κάποια μέσα μπορούν να μεταδώσουν μόνο αναλογικά σήματα οπότεν είναι αναγκαία η διαμόρφωση.
 - Π.χ. τηλεφωνικά συστήματα
- Χρήση σήματος μεταφοράς (carrier signal). Το σήμα προς μετάδοση μπορεί να αλλάξει ένα ή περισσότερα από τα χαρακτηριστικά του σήματος μεταφοράς.
 - Πλάτος (Amplitude Shift Keying)
 - Συχνότητα (Frequency Shift Keying)
 - Φάση (Phase Shift Keying)

Διαμόρφωση - Modulation

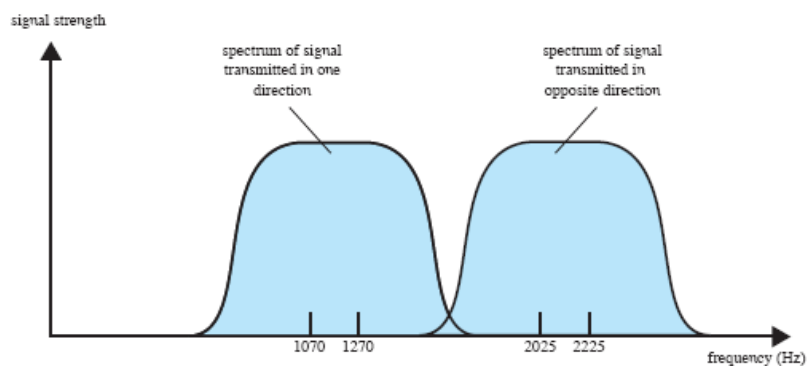
- Amplitude Shift Keying (ASK):
- Frequency Shift Keying (FSK):
- Phase Shift Keying (PSK):

Διαμόρφωση (Modulation)

Για τη μετάδοση,
ένας συρμός
δυαδικών ψηφίων
διαμορφώνεται σε
αναλογικό σήμα



FSK για αμφίδρομη επικοινωνία



Διαμόρφωση

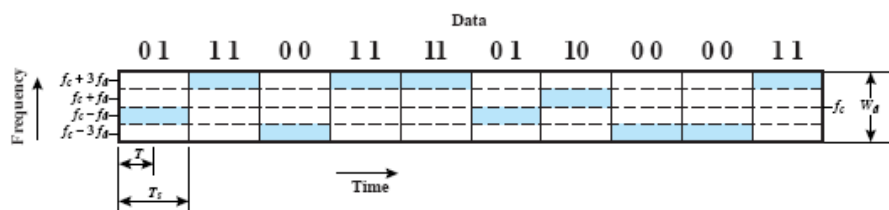
- Υπάρχουν και άλλες μορφές διαμόρφωσης οι οποίες επιτρέπουν περισσότερα από ένα bits σε κάθε σύμβολο.
 - ASK: μπορούν να χρησιμοποιηθούν περισσότερα από δύο πλάτη.
 - FSK: Μπορούν να χρησιμοποιηθούν περισσότερες από δύο συχνότητες
 - PSK: μπορούν να χρησιμοποιηθούν περισσότερες από δύο γωνίες.
- Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν συνδυασμοί από τις τρεις μεθόδους

Multiple FSK (MFSK)

$$s(t) = A \cos(2\pi(f_c + (2i - 1 - M))t)$$

- f_c : Carrier frequency
- f_d : difference frequency
- M : number of signal elements = 2^L
- L : number of bits per signal element

■ Παράδειγμα

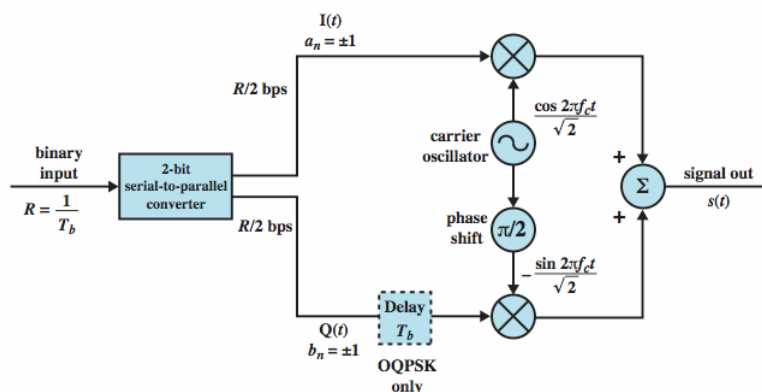


Four-Level PSK (Quadrature PSK (QPSK))

- Υπάρχουν τέσσερα διαφορετικά «σύμβολα» τα οποία απέχουν μεταξύ τους γωνιά η οποία είναι πολλαπλάσιο των 90° .
- Κάθε σύμβολο αντιπροσωπεύει δύο bits

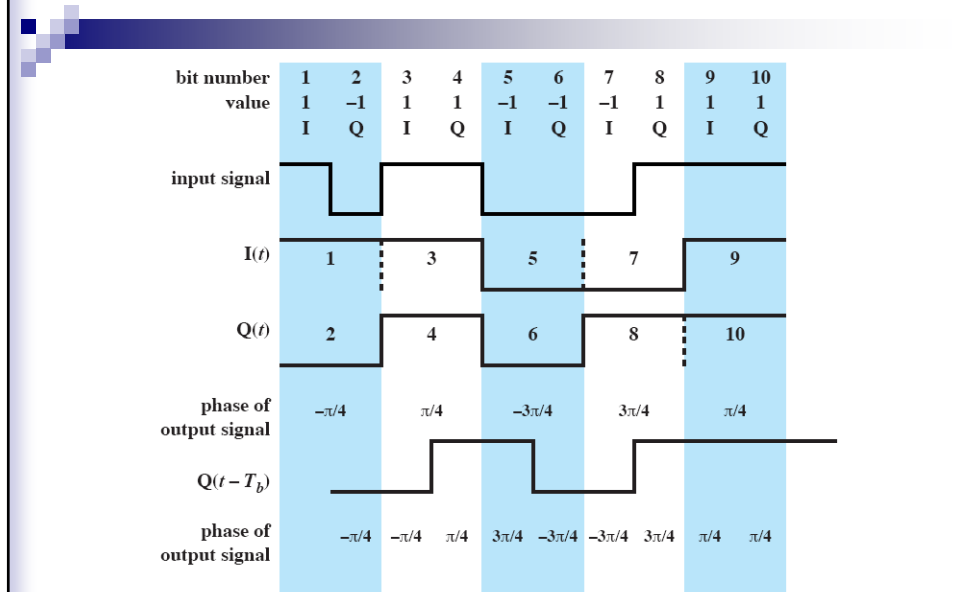
$$s(t) = \begin{cases} A \cos\left(2\pi f_c t - \frac{\pi}{4}\right) & 11 \\ A \cos\left(2\pi f_c t + \frac{3\pi}{4}\right) & 01 \\ A \cos\left(2\pi f_c t - \frac{3\pi}{4}\right) & 00 \\ A \cos\left(2\pi f_c t - \frac{\pi}{4}\right) & 10 \end{cases}$$

Διαμορφωτής QPSK



- Multilevel PSK: Κάθε σύμβολο μπορεί να αντιπροσωπεύει περισσότερα από δύο bits χρησιμοποιώντας διαφορετικές γωνίες.

Κυματομορφή QPSK



Quadrature Amplitude Modulation (QAM)

- Χρησιμοποιούνται περισσότερα από δύο επίπεδα για το πλάτος του σήματος

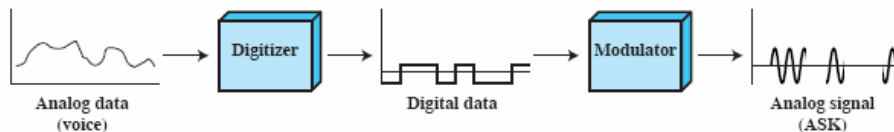
$$s(t) = d_1(t) \cos(2\pi f_c t) + d_2(t) \sin(2\pi f_c t)$$

- Εάν τα d_1 και d_2 μπορούν να πάρουν μόνο τις τιμές +1 και -1, τότε η διαμόρφωση είναι η ίδια με το QPSK.
- Μπορούν να υπάρξουν συστήματα τα οποία χρησιμοποιούν περισσότερα επίπεδα και περισσότερες γωνίες
 - 4x4= 16
 - 8x8= 64
 - ...

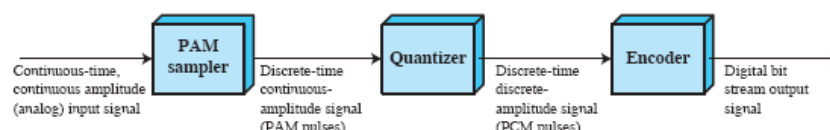
Pulse Amplitude Modulation (PAM) Pulse Code Modulation (PCM)

- **Θεώρημα Δειγματοληψίας** (sampling theorem):
Εάν από ένα σήμα $f(t)$ παίρνουμε δείγματα κατά τακτά διαστήματα (περιοδικά) μικρότερα από τη μισή περίοδο της ψηλότερης συχνότητας του σήματος, τότε τα δείγματα περιέχουν όλη την πληροφορία που εμπεριέχεται και στο $f(t)$ (δηλαδή το $f(t)$ μπορεί να ανασκευαστεί από τα δείγματα με τη χρήση ενός φίλτρου (low pass filter)).
 - Εάν η ψηλότερη συχνότητα του $f(t)$ είναι φ , τότε πρέπει να παίρνουμε δείγματα τουλάχιστον με συχνότητα 2φ .

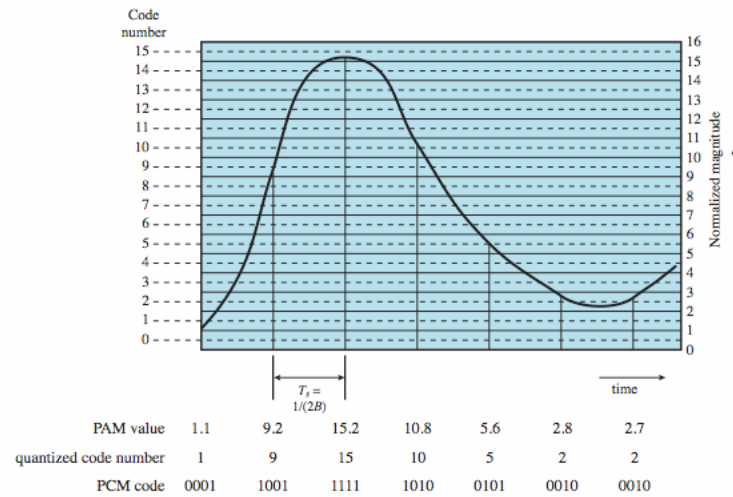
PAM / PCM



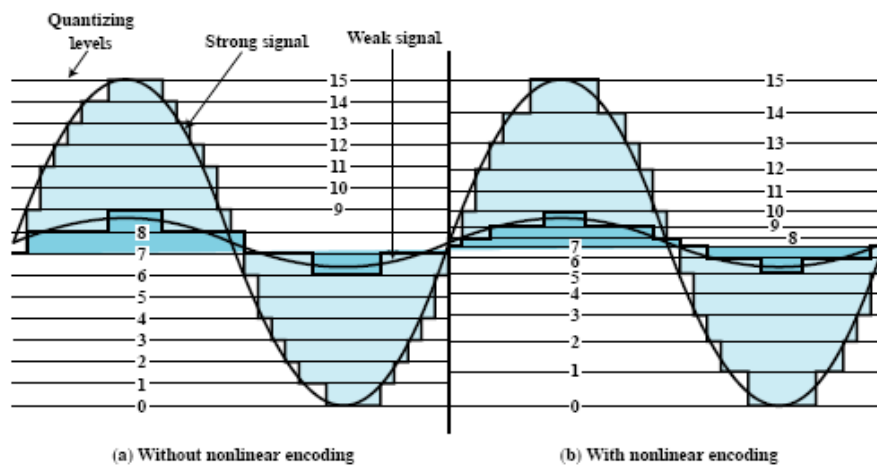
- **Pulse Amplitude Modulation (PAM)**
 - Το σύστημα παίρνει δείγματα του σήματος κατά τακτά διαστήματα.
 - Τα δείγματα αποστέλλονται στον παραλήπτη.
- **Pulse Code Modulation (PCM)**
 - Δείγματα κωδικοποιούνται
 - Τα δείγματα μετατρέπονται σε ακέραιους (quantization)
 - Οι ακέραιοι μετατρέπονται σε μία σειρά από bits



Παράδειγμα PAM/PCM



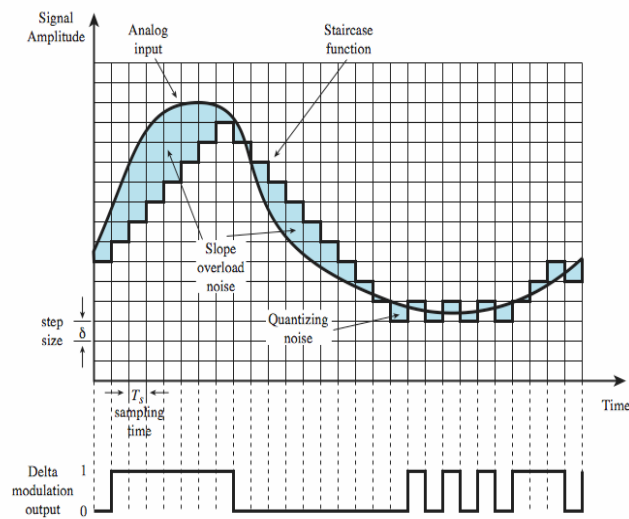
Μη γραμμική κωδικοποίηση



Delta Modulation

- Ένα σύστημα αντί να στέλνει ολόκληρο το κωδικό, «υποθέτει» ότι το επόμενο δείγμα δεν διαφέρει κατά πολύ από το προηγούμενο έτσι στέλνει μόνο την διαφορά των δύο δειγμάτων.
- Εάν η διαφορά είναι μικρή, τότε επιτυγχάνεται συμπίεση των δεδομένων που πρέπει να αποσταλούν.
-

Παράδειγμα Delta Modulation



Θέματα Απόδοσης

- Ψηφιακές τεχνικές μετάδοσης υπερτερούν των αναλογικών διότι δεν χρησιμοποιούν ενισχυτές και έτσι ο θόρυβος δεν αυξάνεται στην πορεία του σήματος από ζεύξη σε ζεύξη.
 - Ψηφιακές επικοινωνίες χρησιμοποιούν επαναμεταδότες (repeaters)
- Πολυπλεξία
 - Πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου (TDM) χρησιμοποιείται περισσότερο σε ψηφιακές επικοινωνίες
 - Πολυπλεξία διαίρεσης συχνοτήτων (FDM) χρησιμοποιείται περισσότερο σε αναλογικές επικοινωνίες
- Ψηφιακά σήματα επιτρέπουν πιο αποδοτικές τεχνικές στη μεταγωγή (switching).
- Έχουν δημιουργηθεί αποδοτικές τεχνικές κωδικοποίησης που επιτρέπουν ψηλή ρυθμοαπόδοση (throughput).

Αναλογικά Δεδομένα – Αναλογικό Σήμα

- Ψηλότερες συχνότητες μπορεί να προσφέρονται καλύτερα για μετάδοση σε μακρινές αποστάσεις.
- Πολυπλεξία Συχνοτήτων (frequency division multiplexing).
 - Το ίδιο μέσο μπορεί να χρησιμοποιηθεί από δύο ή περισσότερες συνδιαλέξεις, η κάθε μια στο δικό της εύρος.
- Διαμόρφωση
 - Πλάτους (Amplitude Modulation AM)
 - Μεταβάλλει την ισχύ του σήματος
 - Γωνιάς (Angle Modulation)
 - Phase Modulation (PM)
 - Frequency Modulation (FM)
 - Μεταβάλλουν το εύρος ζώνης του σήματος.

Αναλογική Διαμόρφωση

- Amplitude Modulation (AM):
- Angle Modulation:
- Phase Modulation (PM)
- Frequency Modulation (FM)

