



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
Εθνικόν και Καποδιστριακόν  
Πανεπιστήμιον Αθηνών

# Ψηφιακές Επικοινωνίες

## Ενότητα 3: Ψηφιακή Διαμόρφωση

Μαθιόπουλος

Σχολή Θετικών Επιστημών

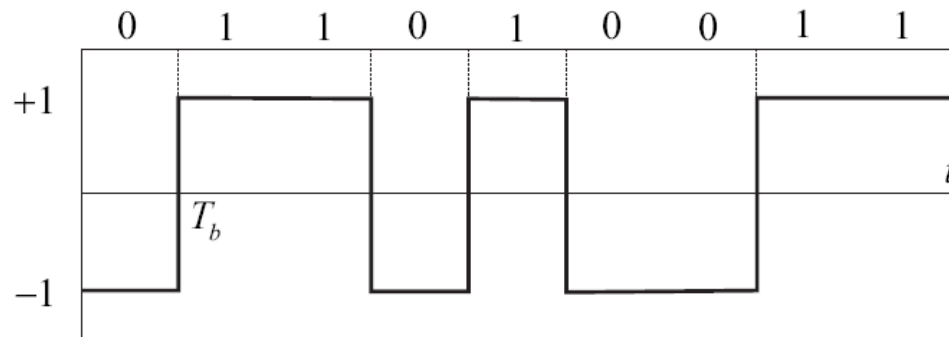
Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών

# Ψηφιακή Διαμόρφωση

Μέρος Α

# Ψηφιακή Διαμόρφωση

Γενικά, η έννοια της διαμόρφωσης (*modulation*) στις ψηφιακές επικοινωνίες αναφέρεται στην αντιστοίχιση της πληροφορίας που είναι σε ψηφιακή μορφή (bits), σε ένα ορισμένο αριθμό αναλογικών κυματομορφών κατάλληλων για μετάδοση στο φυσικό μέσο-каналι.



# Διαμόρφωση βασικής ζώνης (1)

- Η ψηφιακή πληροφορία μεταδίδεται απ' ευθείας με τεχνικές διαμόρφωσης παλμών βασικής ζώνης, οι οποίες δεν απαιτούν τη χρήση ημιτονοειδούς φέροντος για τη μετατόπιση του φάσματος του εκπεμπόμενου σήματος.
- Γιατί διαμόρφωση βασικής ζώνης;
  - Κατάλληλη προσαρμογή στα επιθυμητά φασματικά χαρακτηριστικά. (π.χ. Αποφυγή DC)
  - Επαρκείς μεταβάσεις της στάθμης του σήματος για συγχρονισμό.
  - Αντοχή στο θόρυβο.
- Παραδείγματα καναλιών βασικής ζώνης είναι:
  - Οι ενσύρματες ζεύξεις όπως π.χ. τα ομοαξονικά καλώδια
  - Οι απλές τηλεφωνικές γραμμές συνεστραμμένου ζεύγους (twisted-pair).



# Διαμόρφωση βασικής ζώνης (2)

- Γιατί στις περισσότερες περιπτώσεις δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί διαμόρφωση βασικής ζώνης;
  - Οι διαστάσεις της απαιτούμενης κεραίας είναι εξωπραγματικές. Οι φυσικές διαστάσεις μιας κεραίας σχετίζονται με την συχνότητα λειτουργίας. Για παράδειγμα, ένα δίπολο ημίσεως κύματος έχει μήκος περίπου όσο το μισό μήκος κύματος.
  - Δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το ίδιο φάσμα χαμηλών συχνοτήτων για περισσότερες από μια μεταδόσεις.



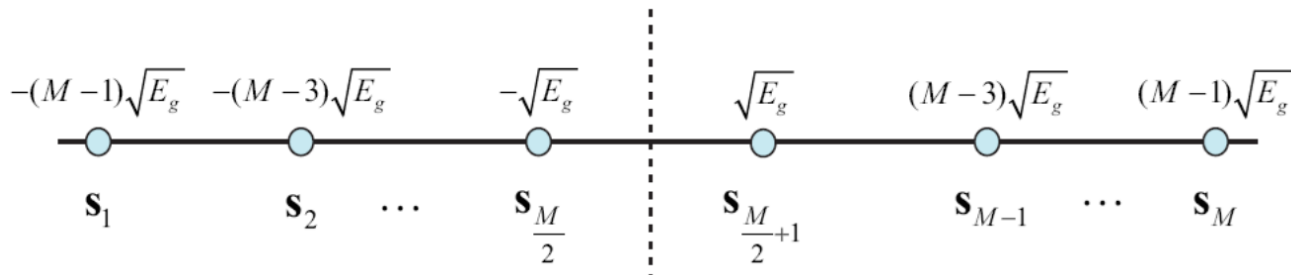
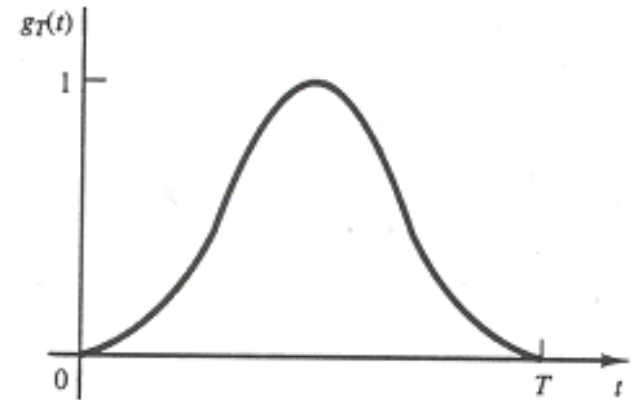
# Διαμόρφωση παλμών κατά πλάτος Pulse Amplitude Modulation – PAM

$$s_i(t) = \begin{cases} (2i - M - 1)g(t), & t \in [0, T] \\ 0, & \text{αλλού} \end{cases}, i = 1, \dots, M$$

$$\phi(t) = \frac{g(t)}{\sqrt{\mathcal{E}_g}} \quad \mathcal{E}_g = \int_0^T |g(t)|^2 dt$$

$$s_i(t) = (2i - M - 1)\sqrt{\mathcal{E}_g}\phi(t)$$

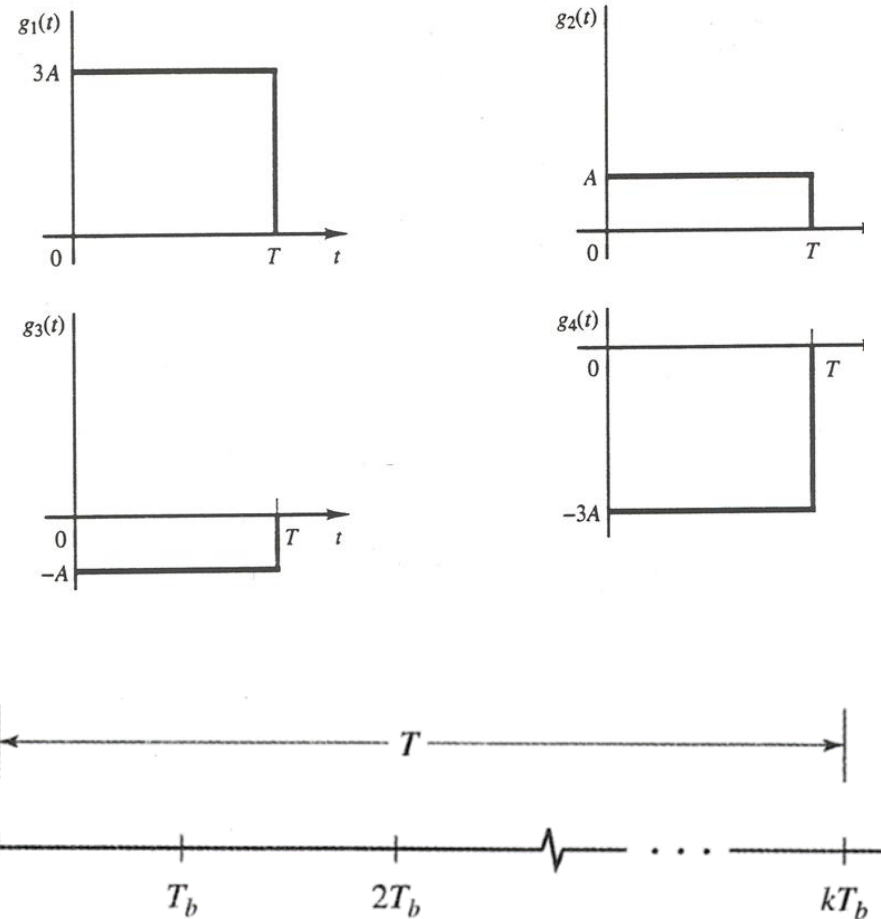
$$\mathbf{s}_i = \{(2i - M - 1)\sqrt{\mathcal{E}_g}\}$$



# M-αδική Διαμόρφωση παλμών κατά πλάτος (M-PAM) (1)

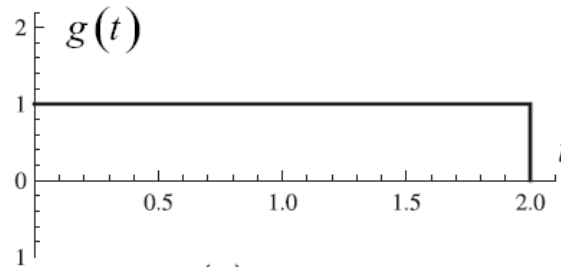
- Εκπέμπονται K bits ανά παλμό.
- Απαιτούνται  $M=2K$  τιμές πλάτους
- Παράδειγμα:  $K=2$ ,  $M=4$ .  
Μεταδίδονται τα σύμβολα 00, 01, 10, 11
- Αν ο ρυθμός μετάδοσης των bits,  $R_b$  είναι σταθερός, τότε

$$R_s = \frac{1}{T_s} = \frac{1}{KT_b}$$

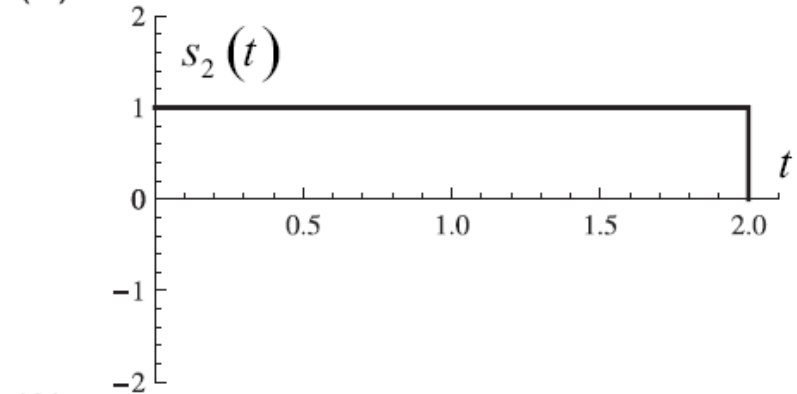
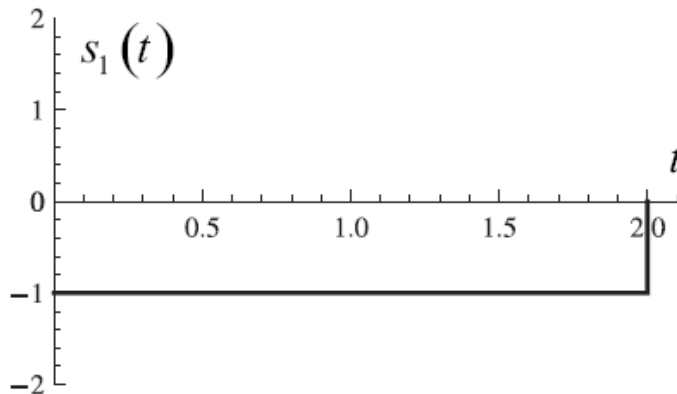


# M-αδική Διαμόρφωση παλμών κατά πλάτος (M-PAM) (2)

$$g(t) = \begin{cases} 1, & t \in [0, 2] \\ 0, & \text{αλλού} \end{cases}$$



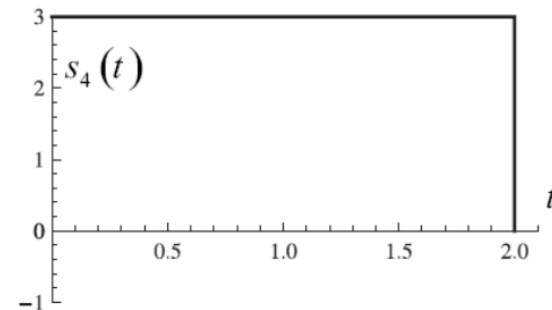
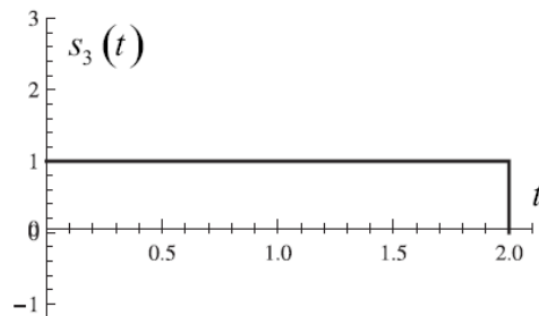
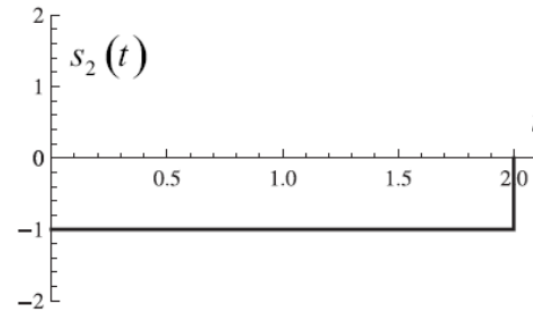
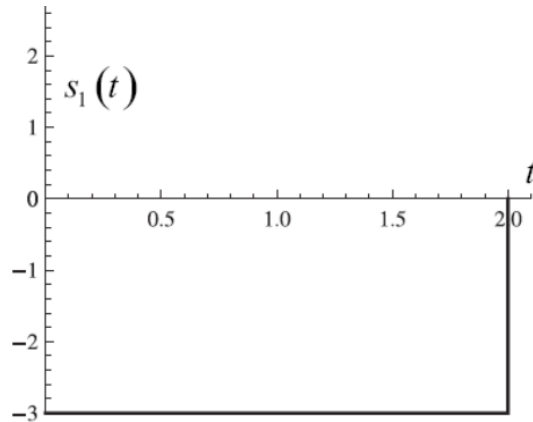
$$s_i(t) = (2i - 3)g(t) = \begin{cases} 2i - 3, & t \in [0, 2] \\ 0, & \text{αλλού} \end{cases} \quad i = 1, 2$$





# M-αδική Διαμόρφωση παλμών κατά πλάτος (M-PAM) (3)

$$s_i(t) = (2i - 5)g(t) = \begin{cases} 2i - 5, & t \in [0, 2] \\ 0, & \text{αλλοού} \end{cases} \quad i = 1, 2, 3, 4.$$



...

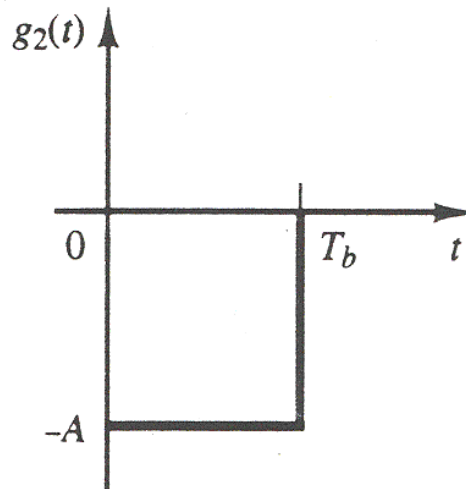
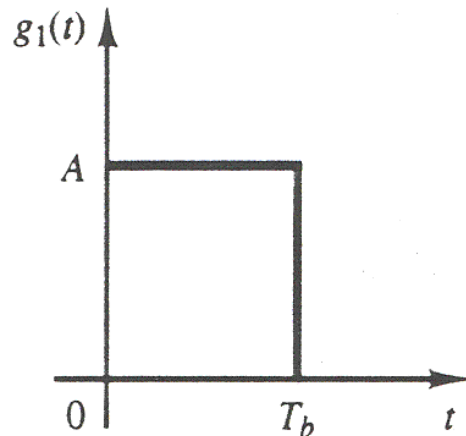


# Διαμόρφωση παλμών κατά πλάτος, BPSK

$1 \rightarrow +A$   
 $0 \rightarrow -A$



Αντίποδη σηματοδότηση (Antipode signaling)

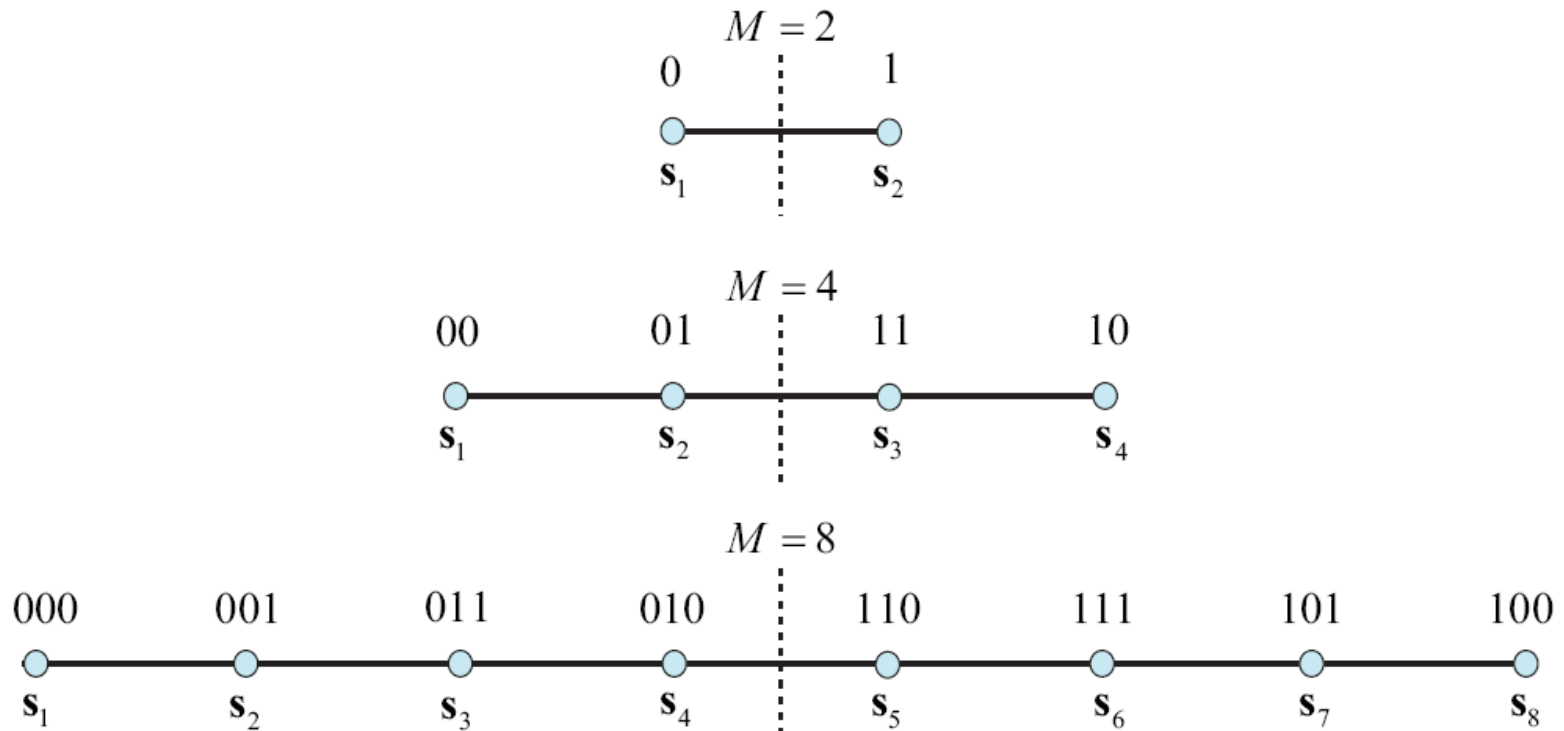


$T_b \rightarrow$  διάρκεια bit

$$R_b = \frac{1}{T_b}$$

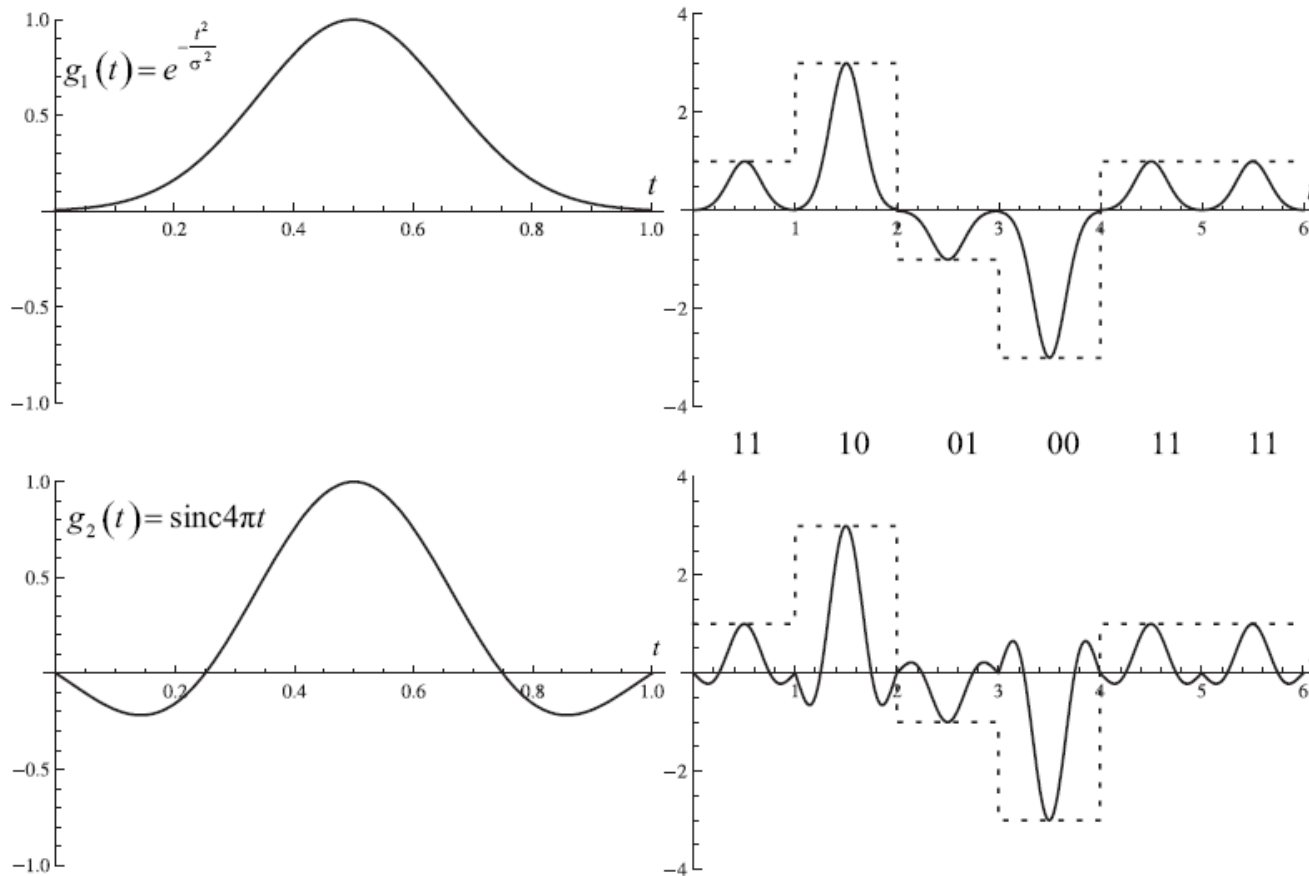


# Αστερισμοί M-RAM



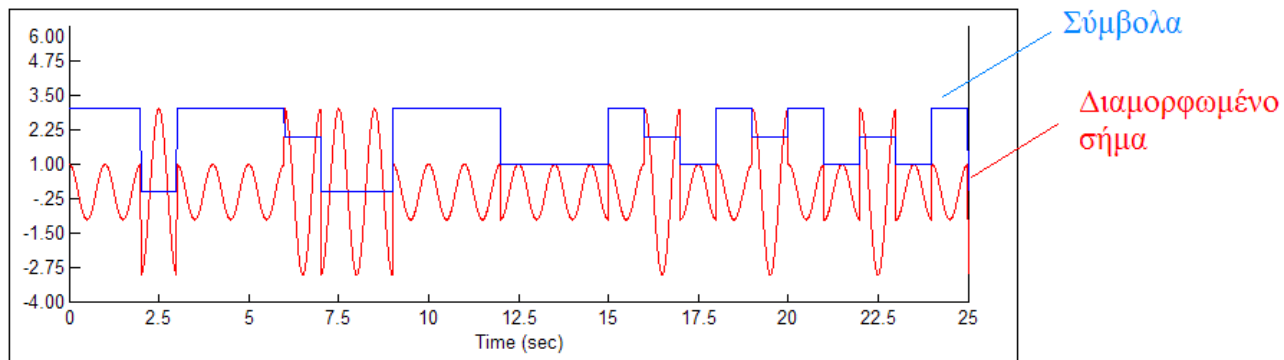
# Παραδείγματα 4-PAM με κωδικοποίηση Gray

00 → -3, 01 → -1, 11 → +1, 10 → +3

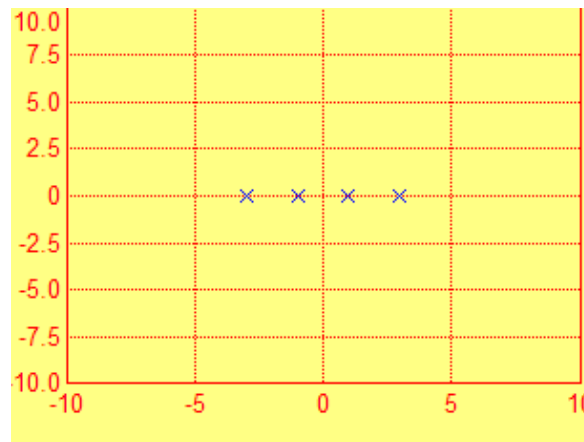


# Παραδείγματα 4-PAM

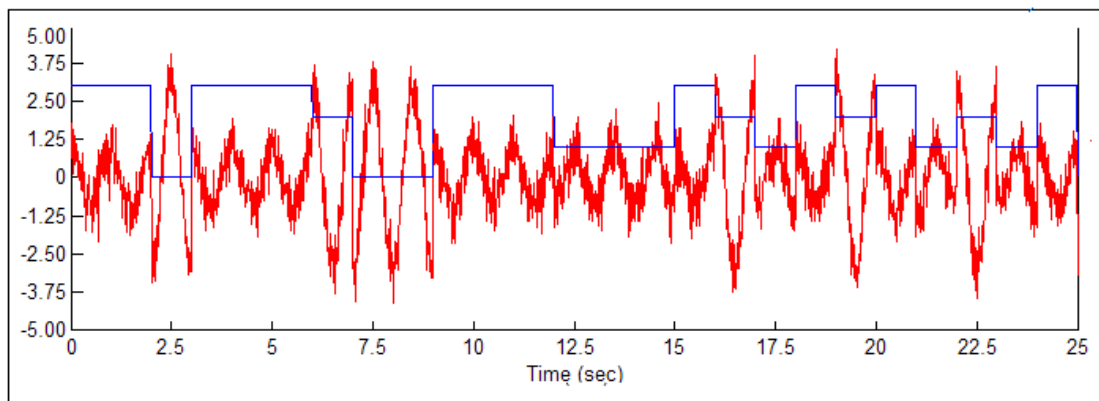
- 4 – PAM: 4 διαφορετικά σύμβολα που αντιστοιχούν σε δυάδες από bits (00 01 10 11).



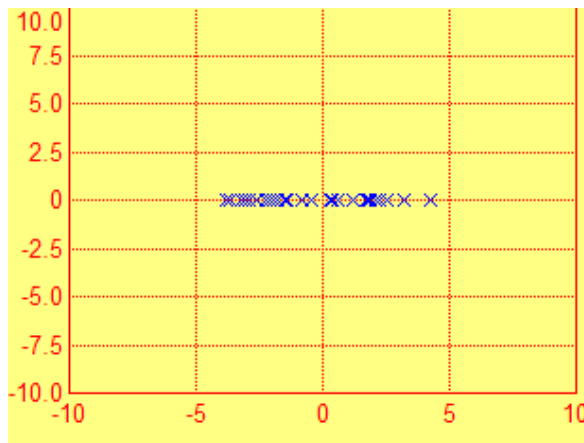
No noise



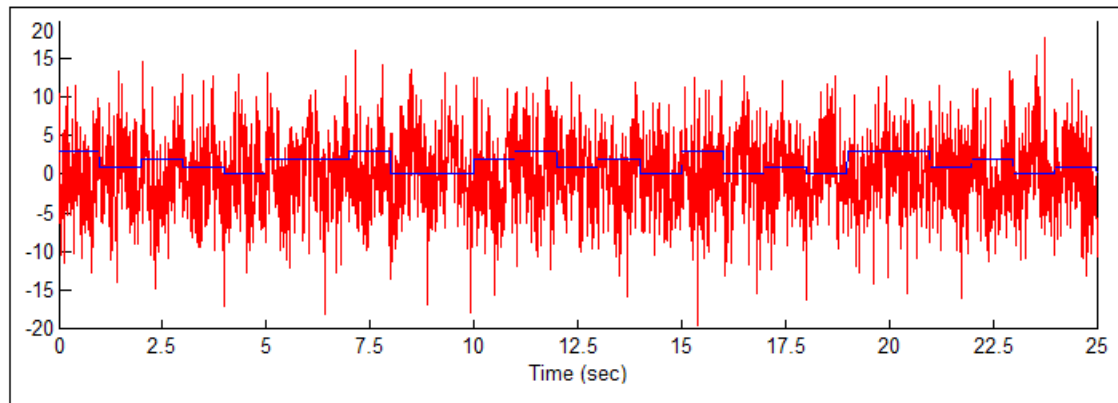
# Διαμόρφωση παλμών κατά πλάτος (1)



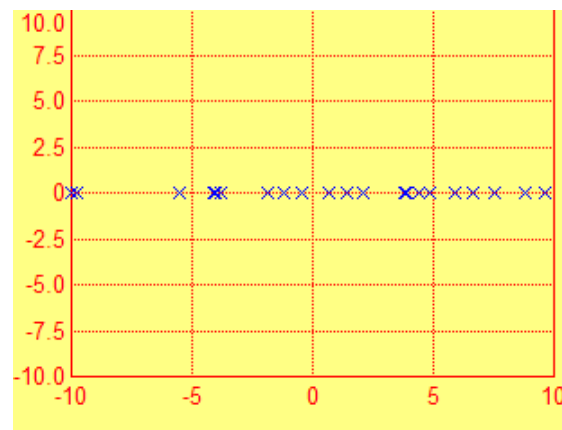
SNR=10 dB



# Διαμόρφωση παλμών κατά πλάτος (2)



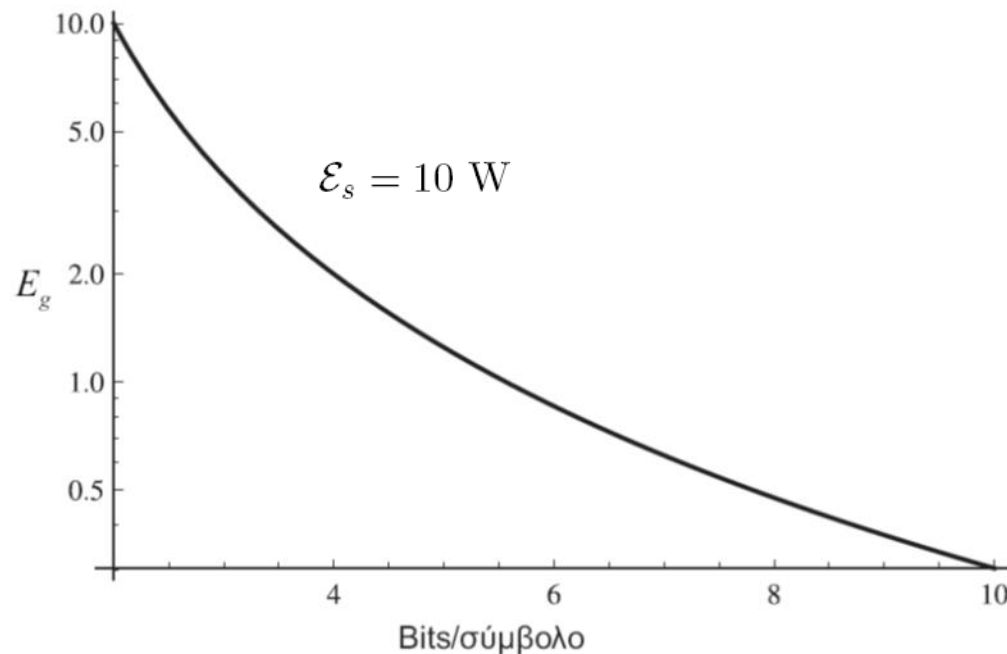
SNR= 0 dB



# Διαμόρφωση παλμών κατά πλάτος

## Ενέργεια συμβόλου και bit, Ευκλείδεια Απόσταση

$$\mathcal{E}_s = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \mathcal{E}_{s_i} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \left[ (2i - M - 1) \sqrt{\mathcal{E}_g} \right]^2 = \frac{\mathcal{E}_g (M^2 - 1)}{3} \quad \Rightarrow \quad \mathcal{E}_g = \frac{3\mathcal{E}_s}{M^2 - 1}$$



$$d_{\mathbf{s}_i, \mathbf{s}_j} = \sqrt{\|\mathbf{s}_i - \mathbf{s}_j\|^2} = 2\|i - j\| \sqrt{\mathcal{E}_g}$$

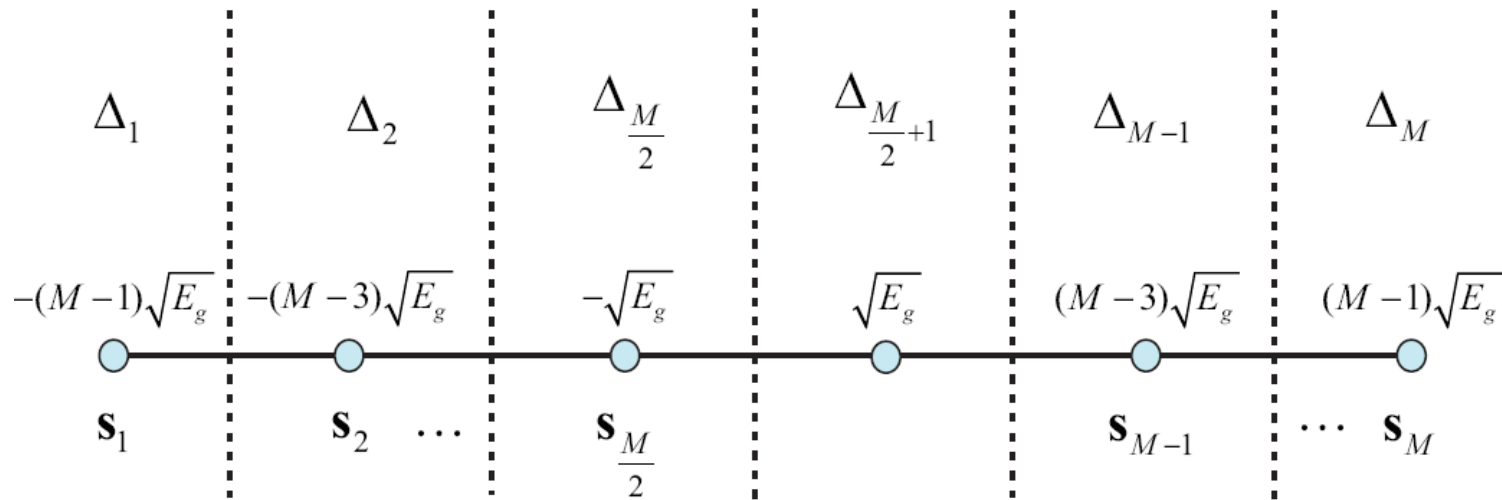
$$j = i \pm 1 \quad \mu\epsilon \quad 1 \leq j \leq M$$

$$d_{\min} = \sqrt{\|\mathbf{s}_i - \mathbf{s}_{i\pm 1}\|^2} = 2\sqrt{\mathcal{E}_g}$$





# Αποδιαμόρφωση – Ανίχνευση (1)



$$\Delta_1 : \{r < -(M-2)\sqrt{\mathcal{E}_g}\}$$

$$\Delta_2 : \{-(M-2)\sqrt{\mathcal{E}_g} \leq r \leq -(M-4)\sqrt{\mathcal{E}_g}\}$$

⋮

$$\Delta_{M-1} : \{(M-4)\sqrt{\mathcal{E}_g} \leq r \leq (M-2)\sqrt{\mathcal{E}_g}\}$$

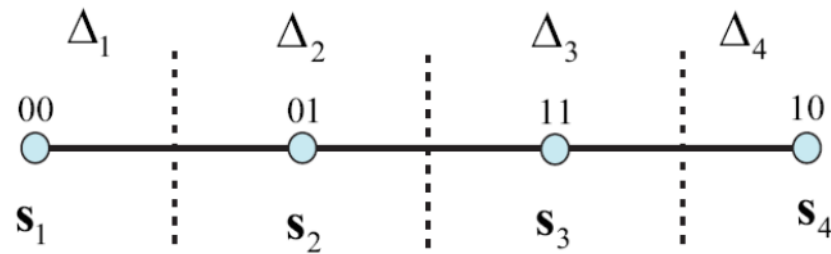
$$\Delta_M : \{(M-2)\sqrt{\mathcal{E}_g} < r\}$$



# Αποδιαμόρφωση – Ανίχνευση (2)

Καθορίστε τα όρια απόφασης για δέκτη 4-PAM με MLD που χρησιμοποιεί το βασικό παλμό  $g(t) = A$  με διάρκεια  $T$  και αντιστοίχιση Gray.

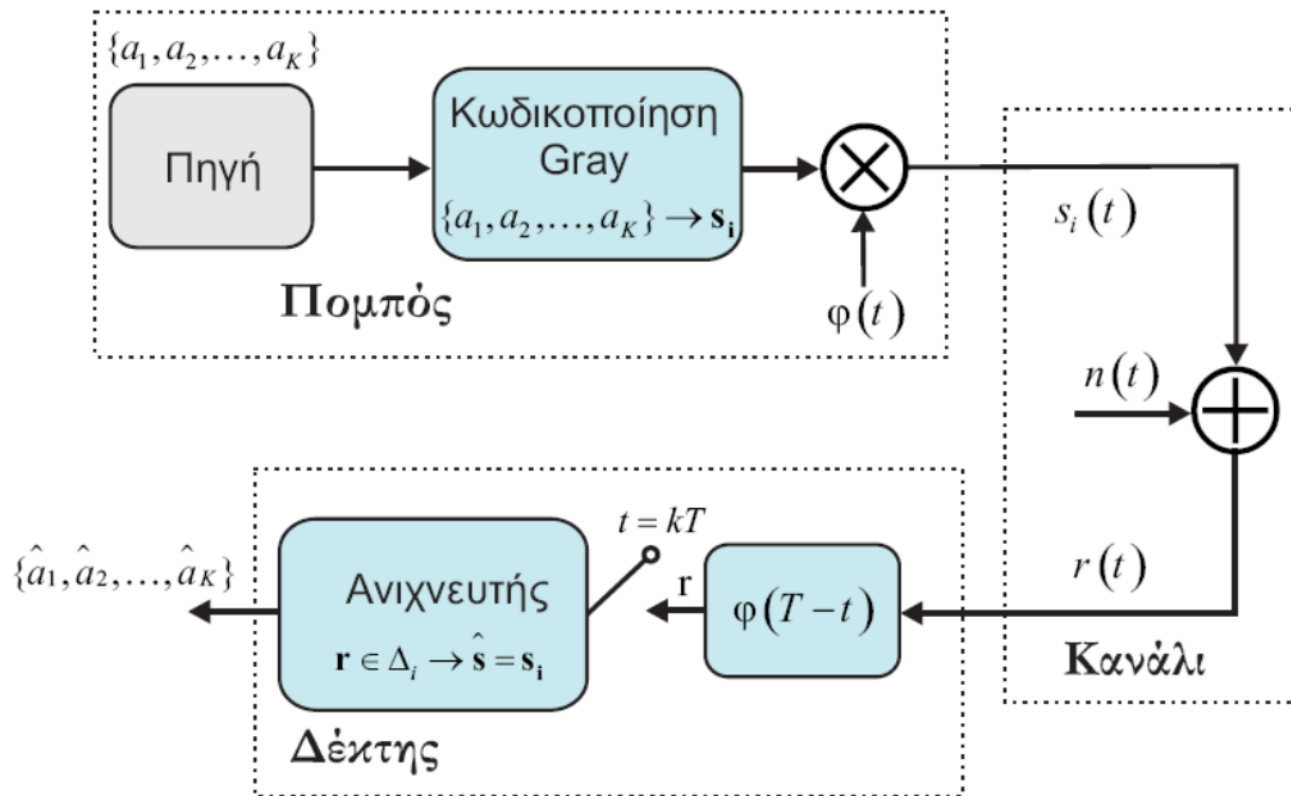
$$\mathcal{E}_g = A^2 T$$



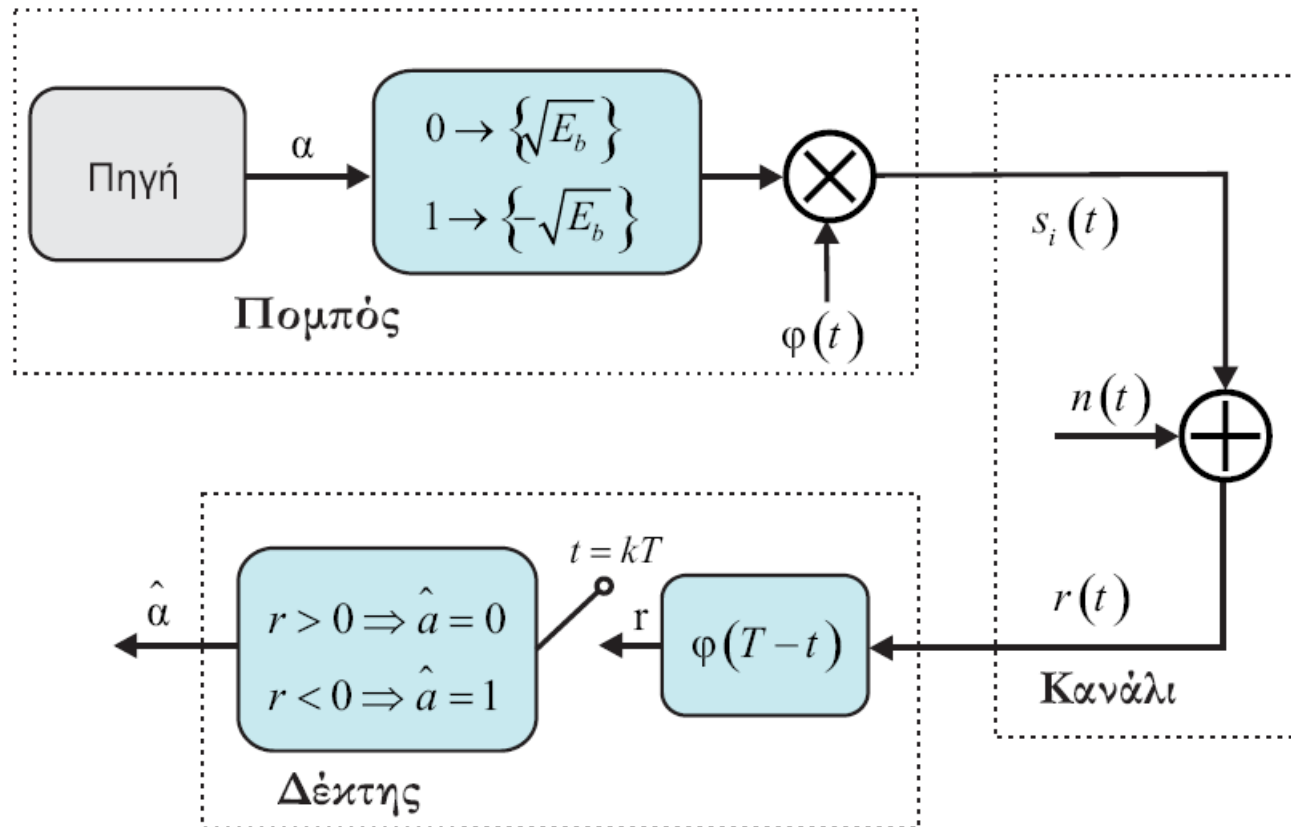
$$\begin{aligned} \Delta_1 &: r < -2\sqrt{\mathcal{E}_g} \\ \Delta_2 &: -2\sqrt{\mathcal{E}_g} < r < 0 \\ \Delta_3 &: 0 < r < 2\sqrt{\mathcal{E}_g} \\ \Delta_4 &: 2\sqrt{\mathcal{E}_g} < r. \end{aligned} \quad \Rightarrow \quad \hat{s} = s_i \rightarrow \begin{cases} \{00\}, & r \in \Delta_1 \\ \{01\}, & r \in \Delta_2 \\ \{11\}, & r \in \Delta_3 \\ \{10\}, & r \in \Delta_4, \end{cases}$$



# Διαμόρφωση παλμών κατά πλάτος Πομπός – Δέκτης



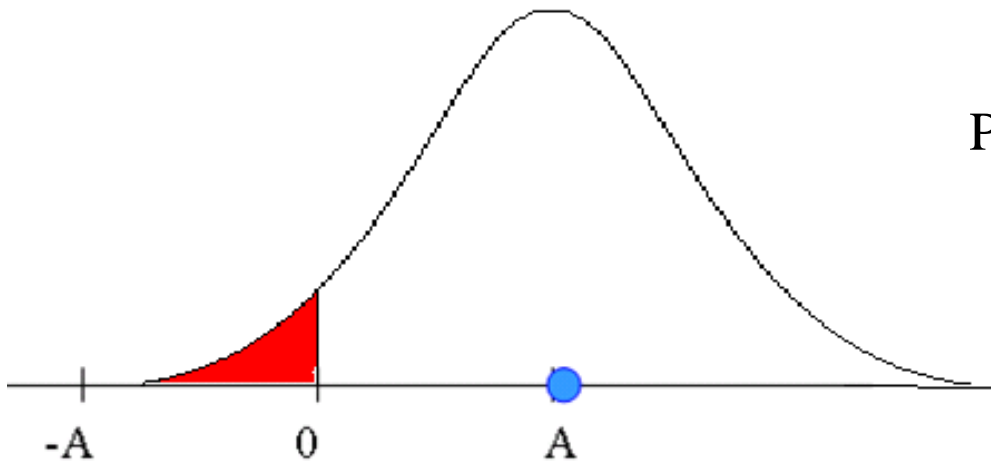
# Διαμόρφωση παλμών κατά πλάτος Πομπός – Δέκτης B-PAM



# Διαμόρφωση παλμών κατά πλάτος

## Μέση Πιθανότητα Σφάλματος B-RAM (1)

- Η πιθανότητα σφάλματος συνδέεται άμεσα με την πιθανότητα το λαμβανόμενο σήμα να βρεθεί σε περιοχή εκτός της περιοχής απόφασης του εκπεμπόμενου σήματος. Με άλλα λόγια συνδέεται με την πιθανότητα κάποιες Τ.Μ με κανονική κατανομή να λάβουν κάποιες συγκεκριμένες τιμές.

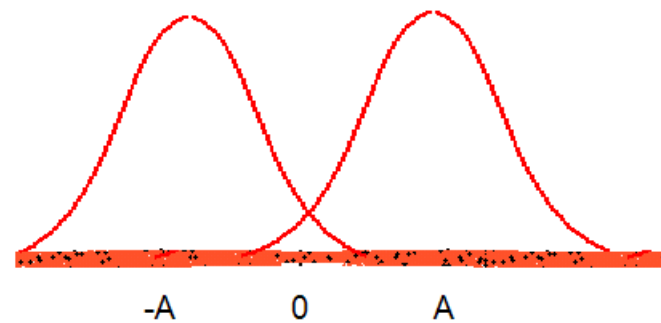
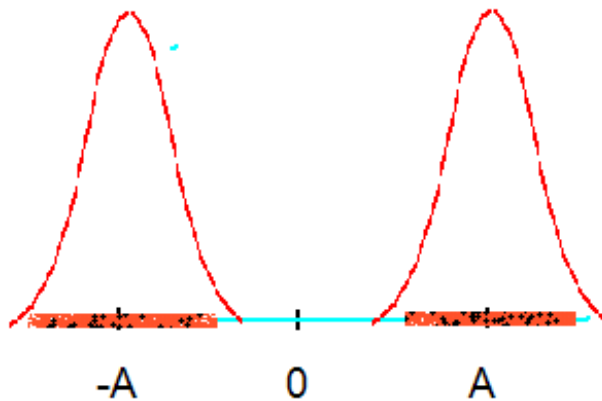
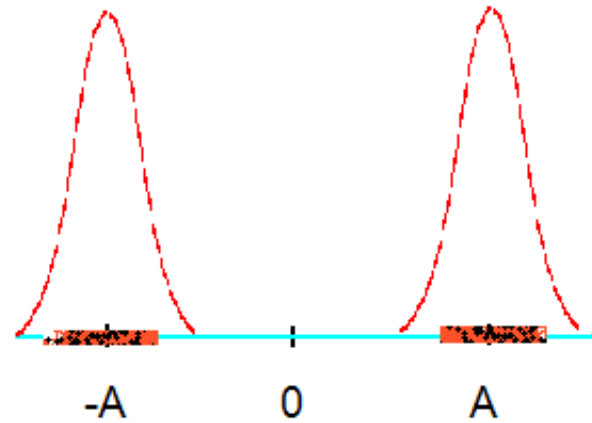
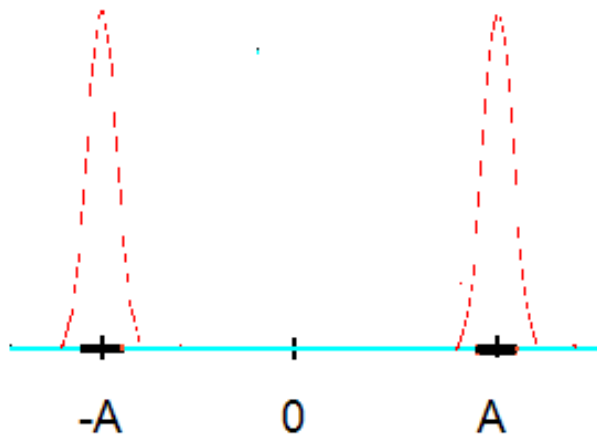


$$\begin{aligned} \Pr_{error} &= \Pr \{x < 0\} \\ &= \int_{-\infty}^0 \frac{1}{\sqrt{2\pi s^2}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2s^2}} dx \end{aligned}$$



# Διαμόρφωση παλμών κατά πλάτος

## Μέση Πιθανότητα Σφάλματος B-PAM (2)



# Διαμόρφωση παλμών κατά πλάτος

## Μέση Πιθανότητα Σφάλματος B-PAM (3)

$$r = s_i + n \quad s_1 \rightarrow 0 \text{ και } s_2 \rightarrow 1$$

$$s_2 = \{\sqrt{\mathcal{E}_g}\}$$

$$P_{b|s_2} = \Pr(\hat{s} \neq s_2 | s_2) = \Pr(r < 0 | s_2) = \Pr(\sqrt{\mathcal{E}_g} + n < 0)$$

$$= \Pr(n < -\sqrt{\mathcal{E}_g}) = \frac{1}{\sqrt{\pi N_0}} \int_{-\infty}^{-\sqrt{\mathcal{E}_g}} \exp\left(-\frac{u^2}{N_0}\right) du$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{-\sqrt{\frac{2\mathcal{E}_g}{N_0}}} \exp\left(-\frac{v^2}{2}\right) dv = Q\left(\sqrt{\frac{2\mathcal{E}_g}{N_0}}\right).$$

$$s_1 = \{-\sqrt{\mathcal{E}_g}\}$$

$$P_{b|s_1} = \Pr(\hat{s} \neq s_1 | s_1) = \Pr(r > 0 | s_1) = \Pr(-\sqrt{\mathcal{E}_g} + n > 0)$$

$$= \Pr(n > \sqrt{\mathcal{E}_g}) = Q\left(\sqrt{\frac{2\mathcal{E}_g}{N_0}}\right).$$



# Διαμόρφωση παλμών κατά πλάτος

## Πιθανότητα Σφάλματος B-PAM (1)

$$\begin{aligned}P_{b(BPAM)} &= P_{b|s_1} \Pr(s_1) + P_{b|s_2} \Pr(s_2) \\ &= \frac{1}{2} Q \left( \sqrt{\frac{2\mathcal{E}_g}{N_0}} \right) + \frac{1}{2} Q \left( \sqrt{\frac{2\mathcal{E}_g}{N_0}} \right) = Q \left( \sqrt{\frac{2\mathcal{E}_g}{N_0}} \right)\end{aligned}$$

$$\mathcal{E}_b = \mathcal{E}_g \quad \longrightarrow \quad P_{b(BPAM)} = Q \left( \sqrt{\frac{2\mathcal{E}_b}{N_0}} \right)$$

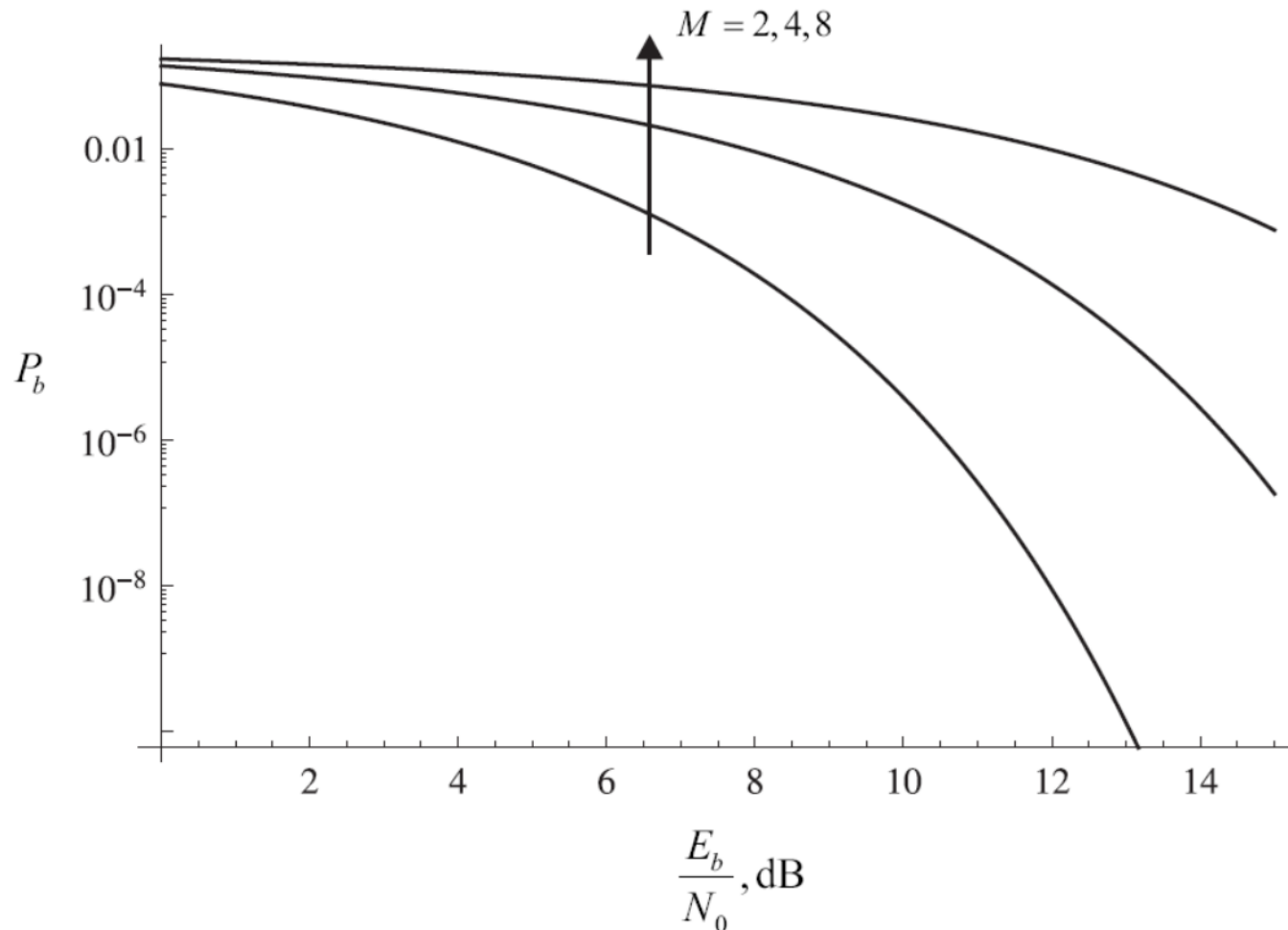
$$\begin{aligned}P_{s(MPAM)} &= \frac{2(M-1)}{M} Q \left( \sqrt{\frac{2\mathcal{E}_g}{N_0}} \right) = \frac{2(M-1)}{M} Q \left( \sqrt{\frac{6\mathcal{E}_s}{(M^2-1)N_0}} \right) \\ &= \frac{2(M-1)}{M} Q \left( \frac{d_{\min}}{\sqrt{2N_0}} \right).\end{aligned}$$

$$\text{Gray, } >20 \text{ dB} \quad \longrightarrow \quad P_{b(MPAM)} \simeq \frac{P_s}{\log_2 M} = \frac{2(M-1)}{M \log_2 M} Q \left( \sqrt{\frac{6\mathcal{E}_b \log_2 M}{(M^2-1)N_0}} \right)$$





# Διαμόρφωση παλμών κατά πλάτος Πιθανότητα Σφάλματος B-PAM (2)



# Φασματική Ανάλυση M-PAM (1)

$$s(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_n g(t - nT) \quad \mathbf{a} = \{a_n\}$$

$$S(f) = \frac{1}{T} S_a(f) |G(f)|^2$$

όπου  $G(f)$  είναι ο Μ/Σ Fourier του  $g(t)$  (απόκριση συχνότητας του φίλτρου εκπομπής) και  $S_a(f)$  είναι η ΦΠΠ της ακολουθίας πλατών  $\mathbf{a}$ .

$$S_a(f) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} R_a(m) e^{-j2\pi f m T}$$

$R_a(j)$  τη συνάρτηση αυτοσυσχέτισης της ακολουθίας  $\mathbf{a}$ .

- Η ΦΠΠ του  $s(t)$  εξαρτάται από τα φασματικά χαρακτηριστικά τόσο του βασικού παλμού  $g(t)$  όσο και από τα αντίστοιχα της ακολουθίας  $\mathbf{a}$ .
- Με κατάλληλο σχεδιασμό των  $G(f)$  και  $S_a(f)$  μπορεί να διαμορφωθεί το φάσμα του σήματος M-PAM.



# Φασματική Ανάλυση M-PAM (2)

Αποδεικνύεται ότι αν τα πλάτη στην ακολουθία  $a$  είναι ασυσχέτιστα με μέση τιμή  $\mu_a$  και διακύμανση  $\sigma_a$  τότε η ΦΠΗ του  $s(t)$  δίνεται από τη σχέση

$$S(f) = \frac{\sigma_a^2}{T} |G(f)|^2 + \frac{\mu_a^2}{T^2} \sum_{m=-\infty}^{\infty} \left| G\left(\frac{m}{T}\right) \right|^2 \delta\left(f - \frac{m}{T}\right)$$

Συνεχές φάσμα

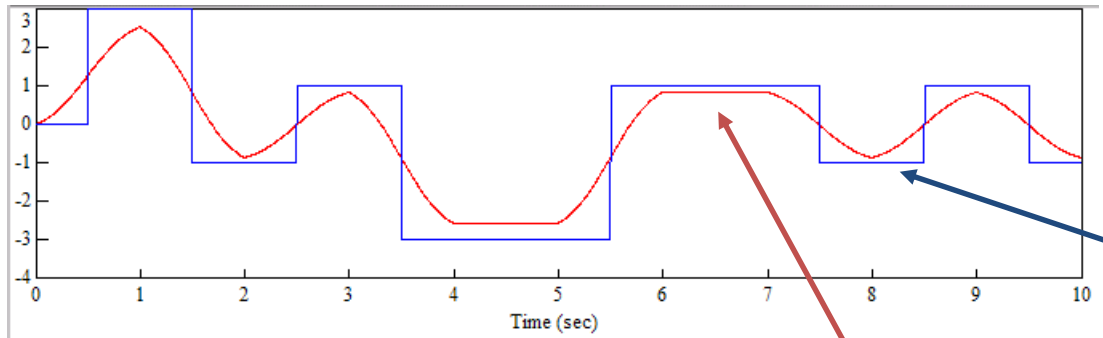
Διακριτές συνιστώσες  
που απέχουν  $1/T$



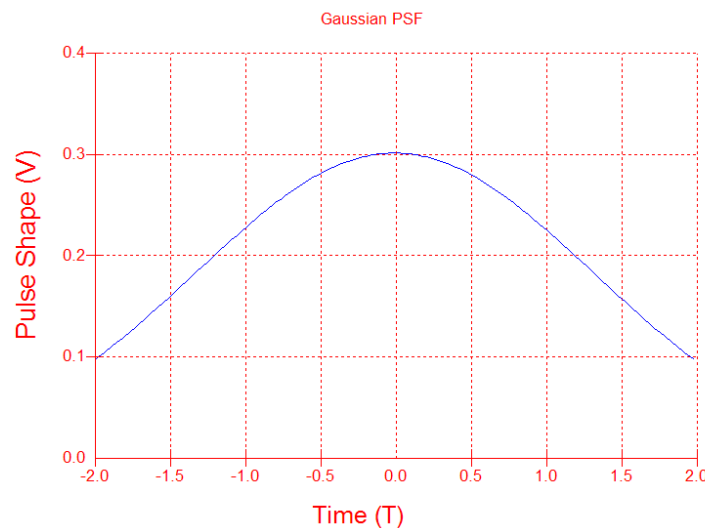
- Πρόβλημα
- Απομακρύνονται αν...



# Φασματική Ανάλυση M-PAM (3)



Σύμβολα ( $a_k$ ):  
Ορθογώνιοι παλμοί με  
πλάτη  $-1, -3, +1, +3$

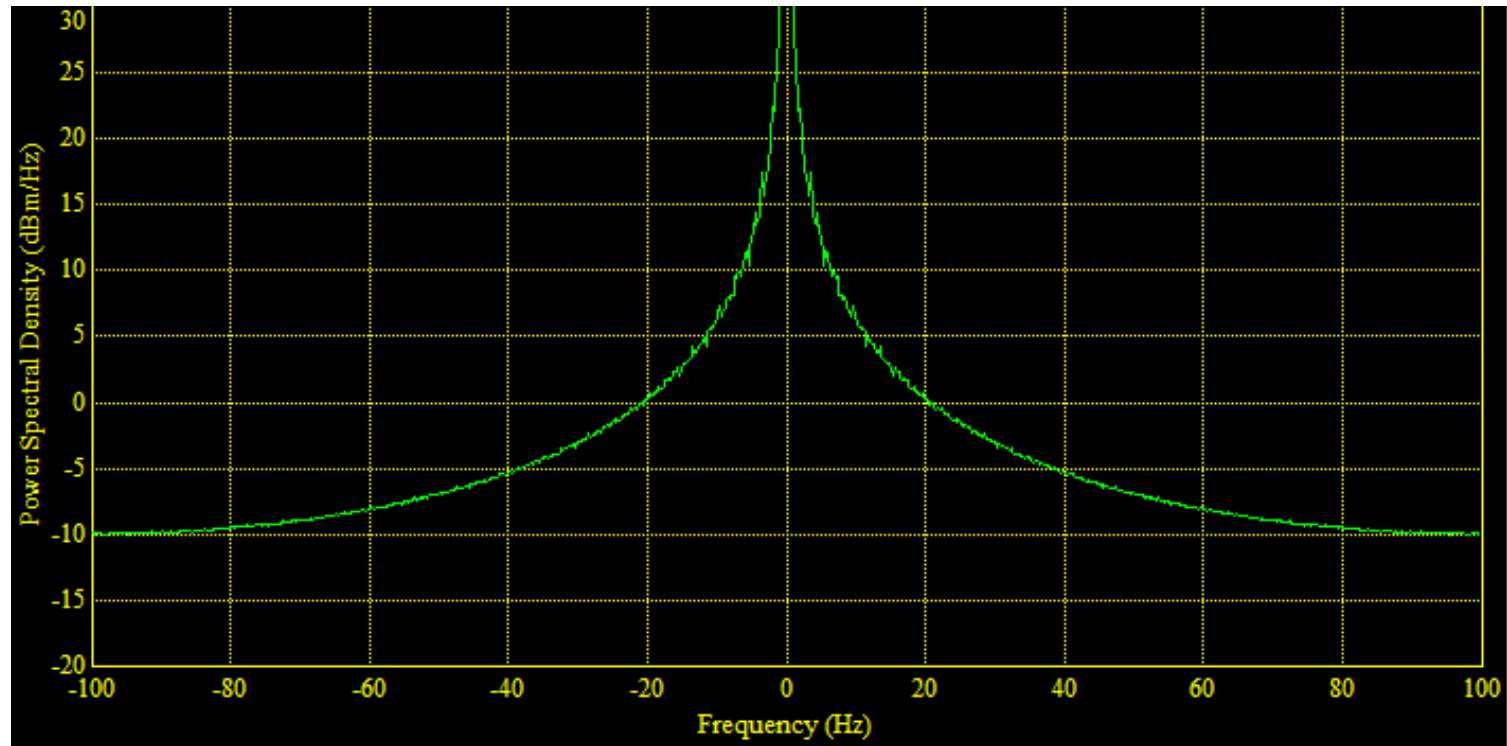


Μεταδιδόμενοι παλμοί βασικής ζώνης. Η  
έξοδος του φίλτρου  $g(t)$  όταν οι εισοδοί  
είναι τα σύμβολα  $a_k$

← Η απόκριση του φίλτρου  $g(t)$

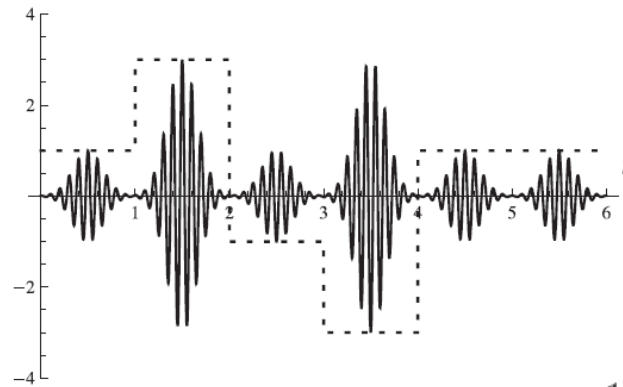
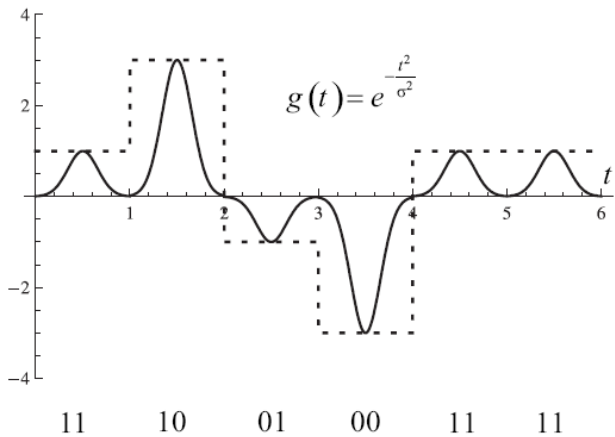


# Φασματική Ανάλυση M-PAM (4)

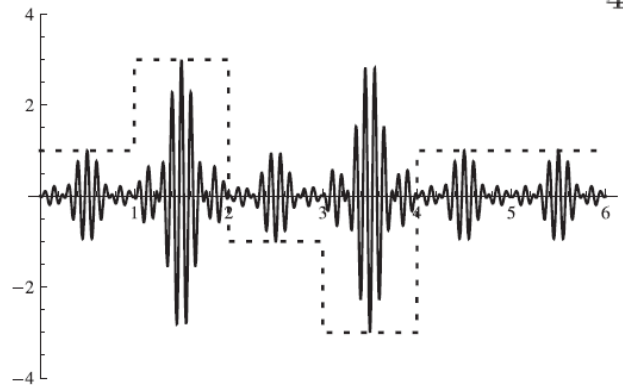
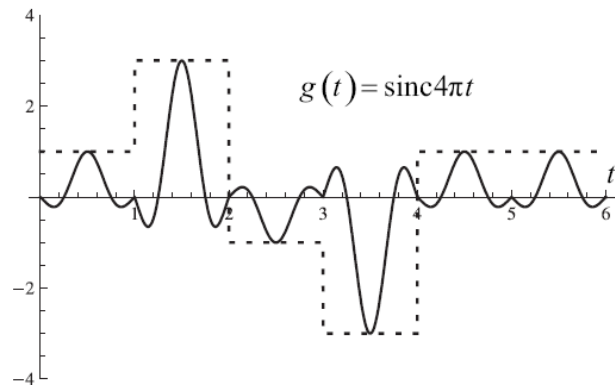


# Ζωνοπερατό Μ-ΡΑΜ

$$v_i(t) = \begin{cases} (2i - M - 1)g(t) \cos 2\pi f_c t, & t \in [0, T] \\ 0, & \text{αλλού} \end{cases}, \quad i = 1, \dots, M \quad \phi(t) = \frac{g(t) \cos 2\pi f_c t}{\sqrt{\mathcal{E}_g}}$$

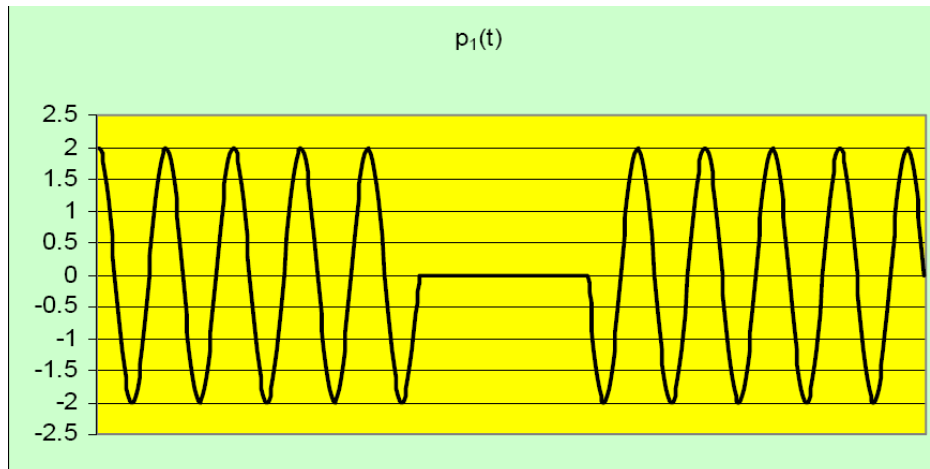
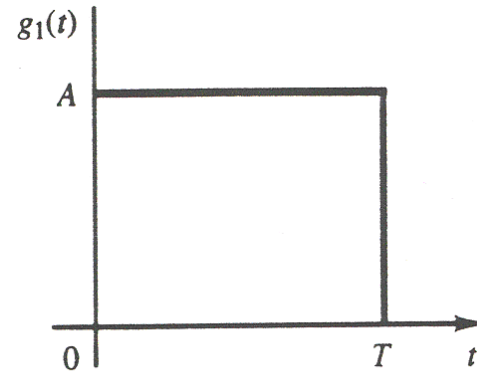


$$U(f) = \frac{1}{4}[S(f - f_c) + S(f + f_c)]$$



# Διαμόρφωση παλμών κατά πλάτος Amplitude Shift Keying-ASK

Ορθογώνιος παλμός

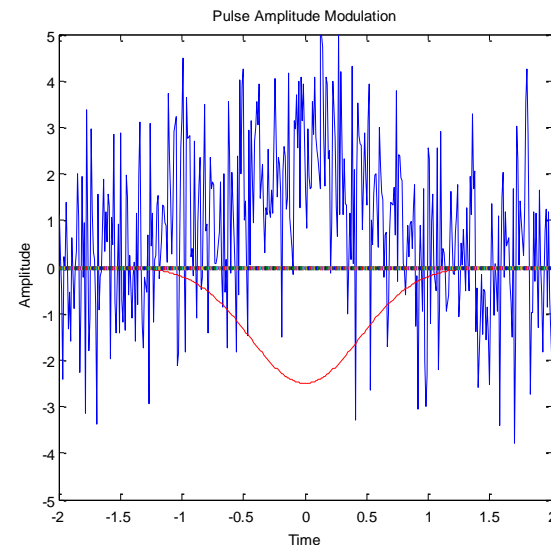
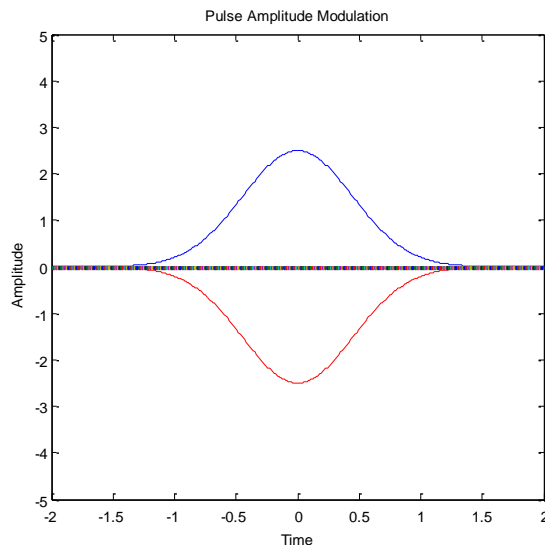


On-Off Keying, OOK



# Δισδιάστατες Διαμορφώσεις (1)

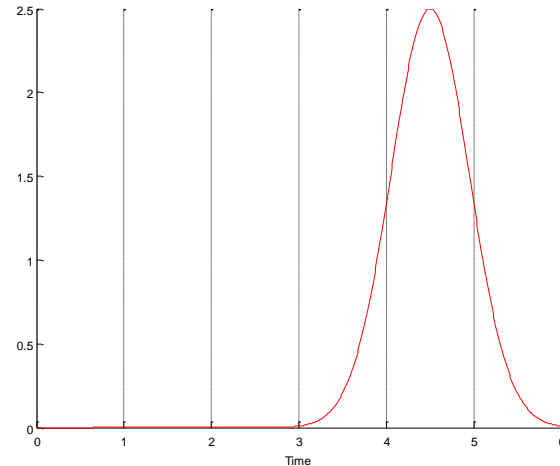
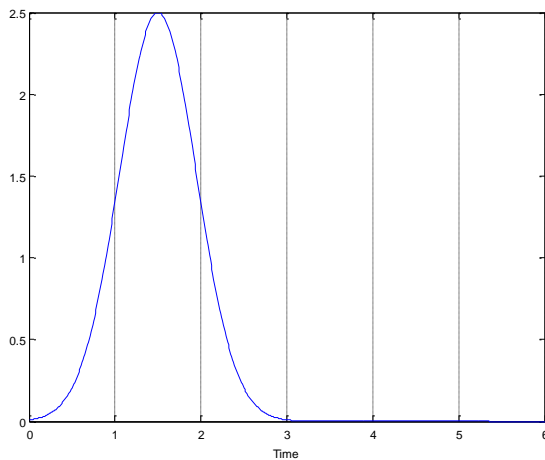
- Με τη διαμόρφωση PAM εκπέμπονται σύμβολα που διαφέρουν μεταξύ τους ως προς ένα μόνο χαρακτηριστικό (ένας βαθμός ελευθερίας), το πλάτος κάποιων παλμών. Για το λόγο αυτό και αποτελεί διαμόρφωση μιας διάστασης.
- Επομένως, η ανίχνευση ενός συμβόλου στο δέκτη θα βασίζεται αποκλειστικά στη σωστή ανίχνευση αυτού του μοναδικού χαρακτηριστικού (του πλάτους του σήματος).





# Δισδιάστατες Διαμορφώσεις (2)

- Η πιθανότητα σωστής ανίχνευσης ενός συμβόλου θα αυξάνονταν αν η ανίχνευση βασίζονταν σε περισσότερα από ένα χαρακτηριστικά (βαθμοί ελευθερίας).



- Για παράδειγμα, αν η ανίχνευση του συμβόλου βασίζονταν:
  - i. Στο πλάτος του παλμού στην πρώτη ημιπερίοδο
  - ii. Στο πλάτος του παλμού στη δεύτερη ημιπερίοδο



# Διαμορφώσεις – Δισδιάστατες Κυματομορφές

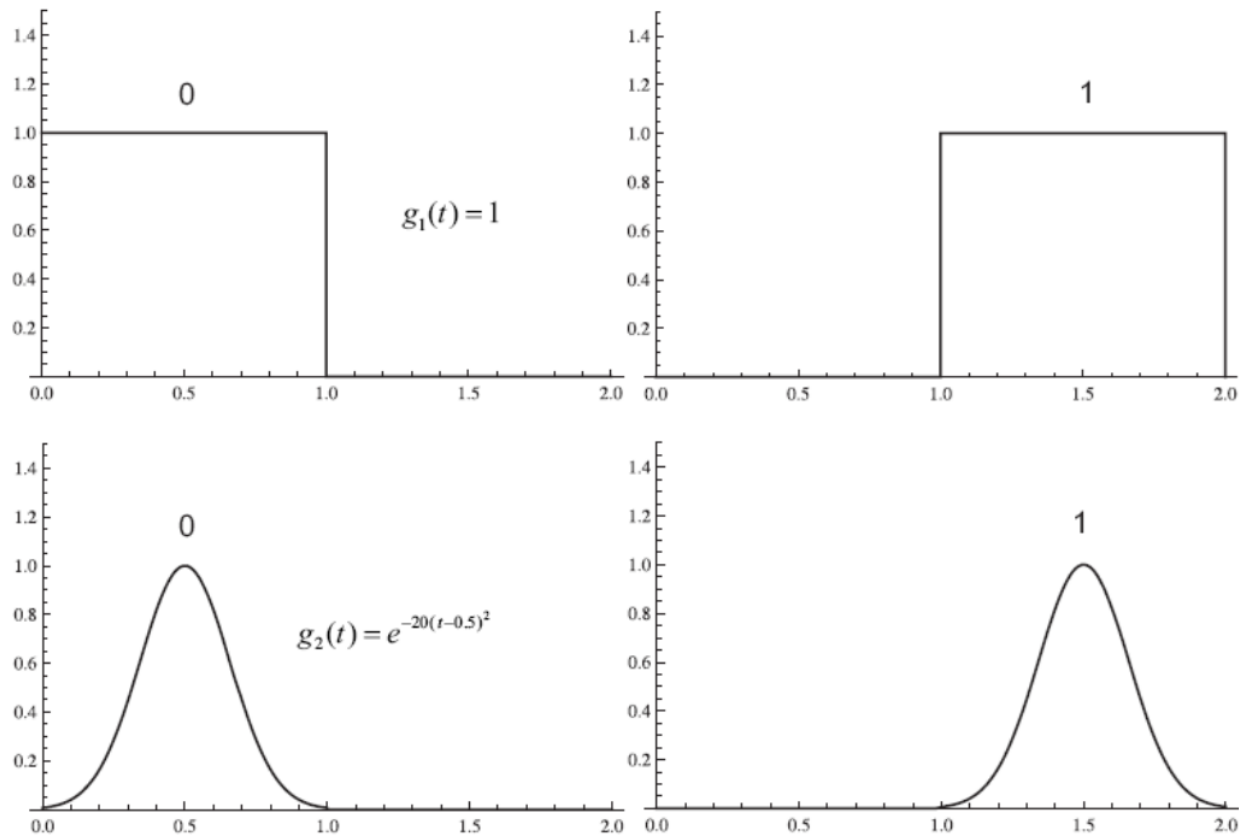
- Αν η ανίχνευση του συμβόλου βασίζονταν:
- Στο πλάτος ενός ημιτόνου
- Στο πλάτος ενός συνημιτόνου
- Σύμβολο  $s_1$  → περιμένω να λάβω ένα ημίτονο με πλάτος  $A_1$  και ένα συνημίτονο με πλάτος  $A_2$
- Σύμβολο  $s_2$  → περιμένω να λάβω ένα ημίτονο με πλάτος  $B_1$  και ένα συνημίτονο με πλάτος  $B_2$
- Άρα υπάρχουν δύο δυνατότητες ελέγχου για σωστή ανίχνευση.



# Διαμόρφωση θέσης παλμού

## Binary Pulse Position Modulation (BPPM)38

$$s_1(t) = g(t) \text{ και } s_2(t) = g(t - \frac{T}{2}), t \in [0, T]$$



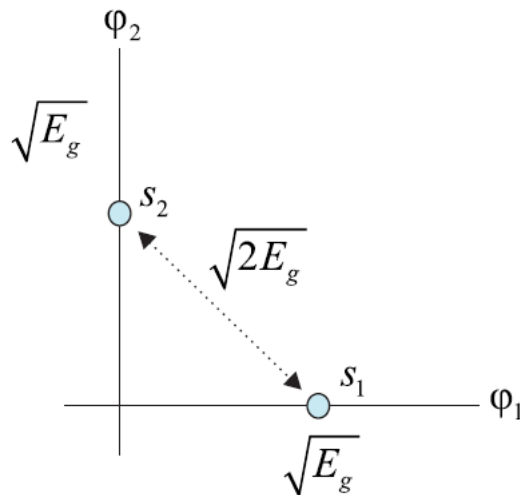
# Binary Pulse Position Modulation (BPPM)

## Αστερισμός

$$\langle s_1, s_2 \rangle = \int_0^T s_1(t)s_2(t)dt = \int_0^{\frac{T}{2}} g(t)g(t - \frac{T}{2})dt + \int_{\frac{T}{2}}^T g(t)g(t - \frac{T}{2})dt = 0$$

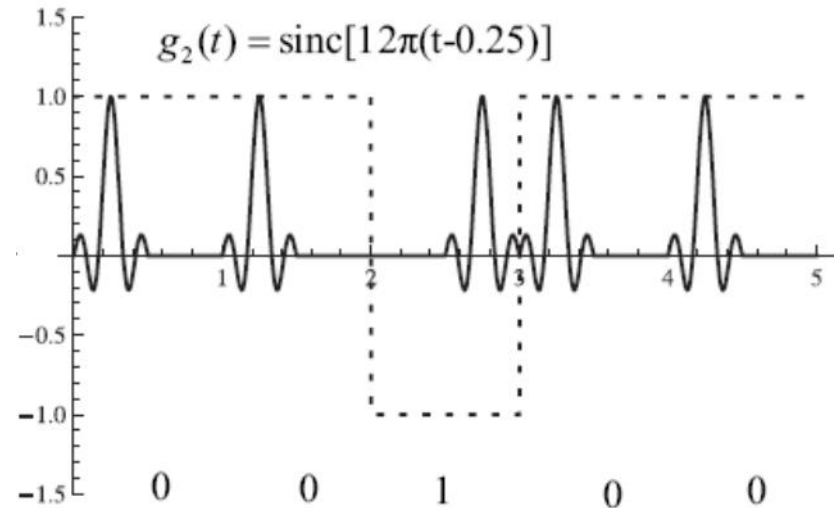
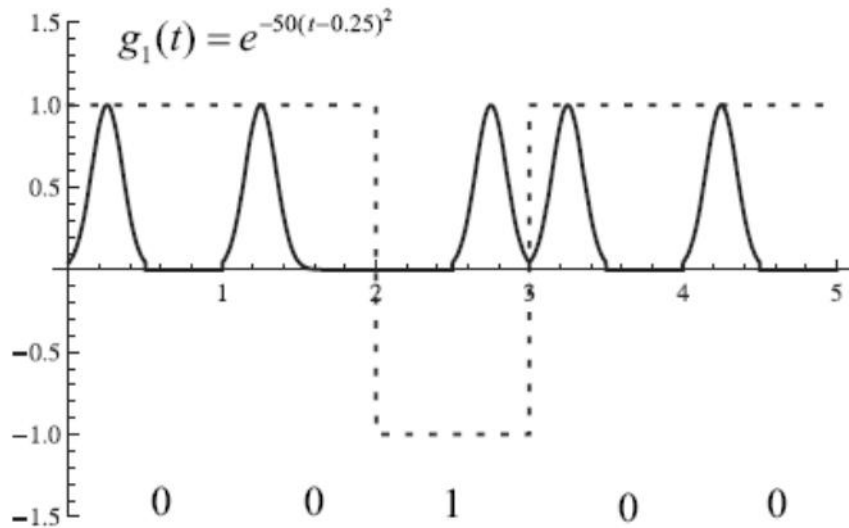
$$\mathcal{E}_g = \int_0^T |s_1(t)|^2 dt = \int_0^T |s_2(t)|^2 dt \Rightarrow \mathcal{E}_g = A^2 \frac{T}{2}$$

$$\phi_1(t) = \frac{s_1(t)}{\sqrt{\mathcal{E}_g}} \text{ και } \phi_2(t) = \frac{s_2(t)}{\sqrt{\mathcal{E}_g}} \Rightarrow \begin{aligned} s_1(t) &= \sqrt{\mathcal{E}_g} \times \phi_1(t) + 0 \times \phi_2(t) \\ s_2(t) &= 0 \times \phi_1(t) + \sqrt{\mathcal{E}_g} \times \phi_2(t) \end{aligned}$$



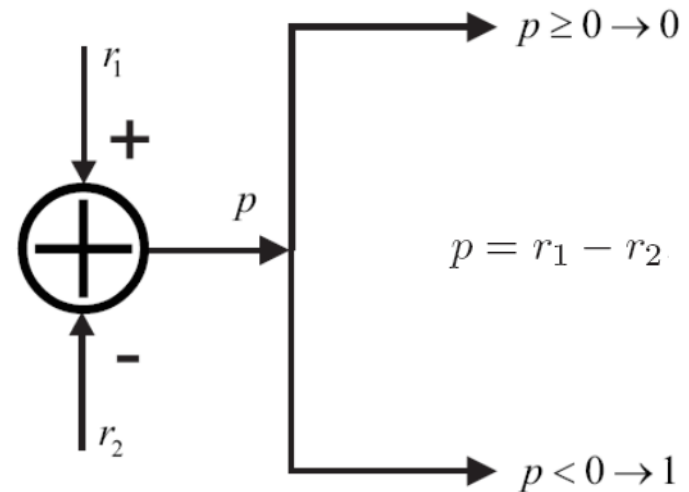
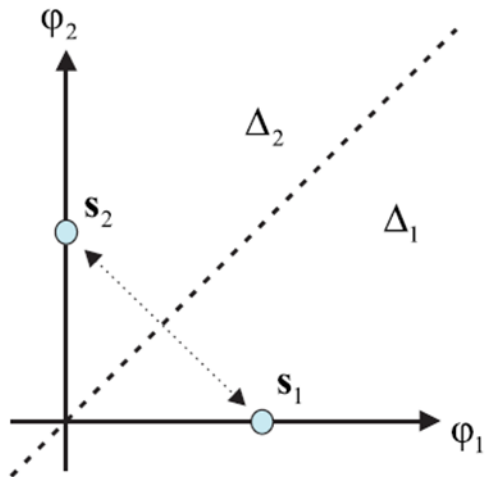
$$s_1 = \{\sqrt{\mathcal{E}_g}, 0\}, s_2 = \{0, \sqrt{\mathcal{E}_g}\}$$

# Binary Pulse Position Modulation (BPPM)



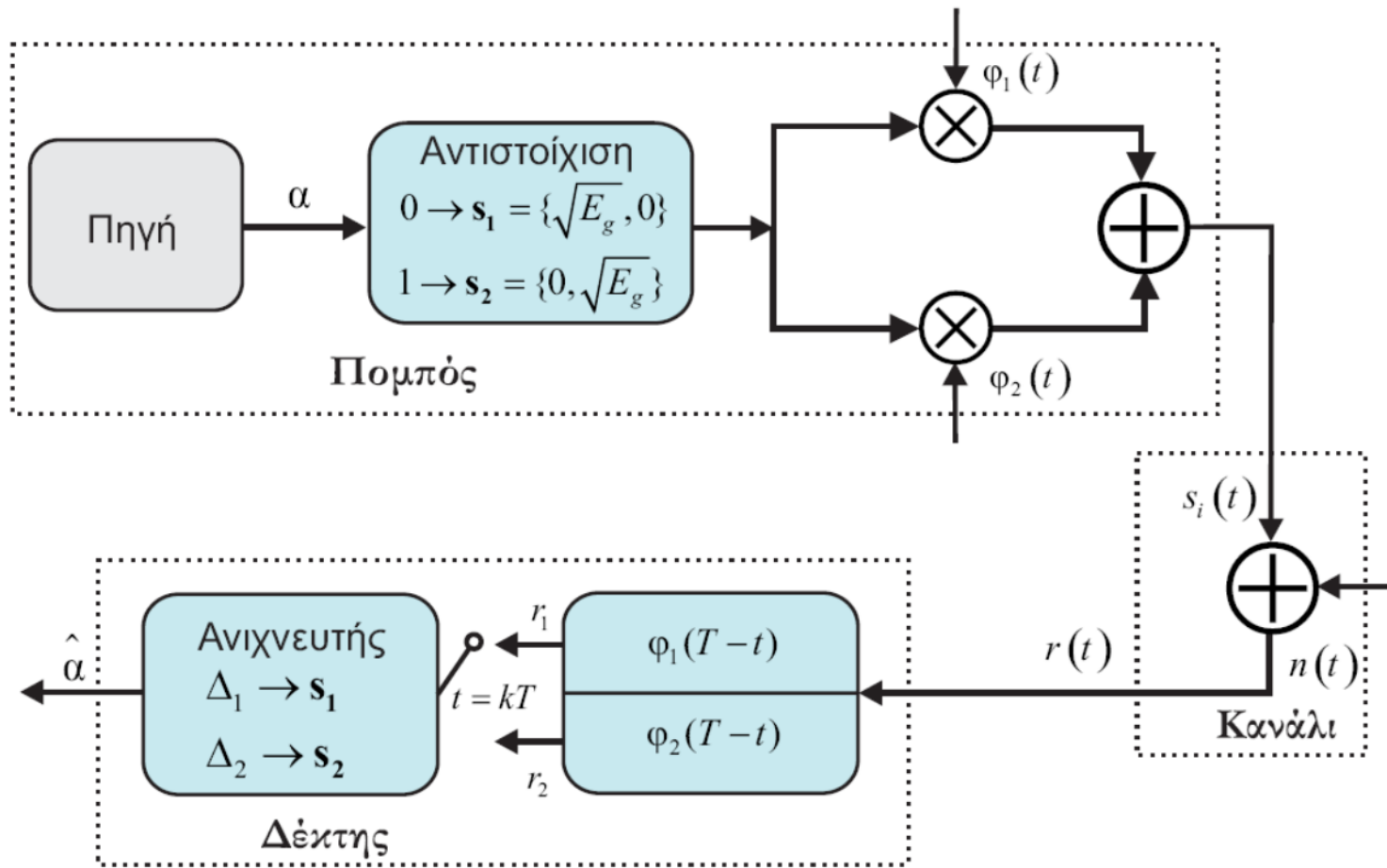
# Binary Pulse Position Modulation (BPPM) Αποδιαμόρφωση-Ανίχνευση

$$\mathbf{r} = \mathbf{s}_i + \mathbf{n} \quad \mathbf{s}_i = \{s_{i1}, s_{i2}\}, \quad \mathbf{n} = \{n_1, n_2\}$$



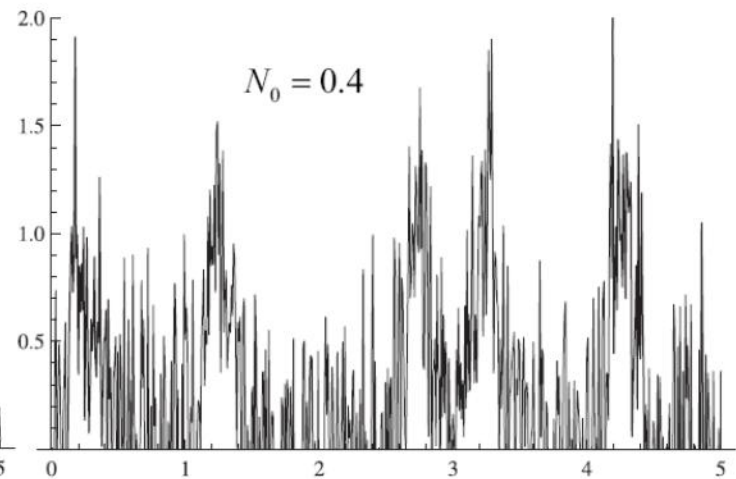
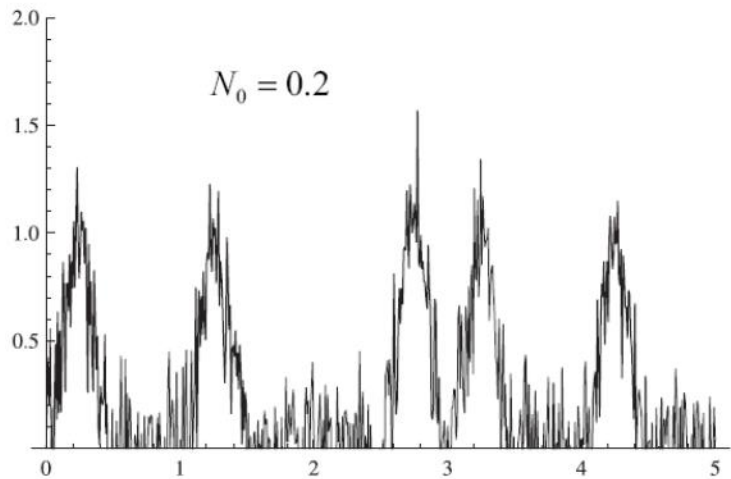
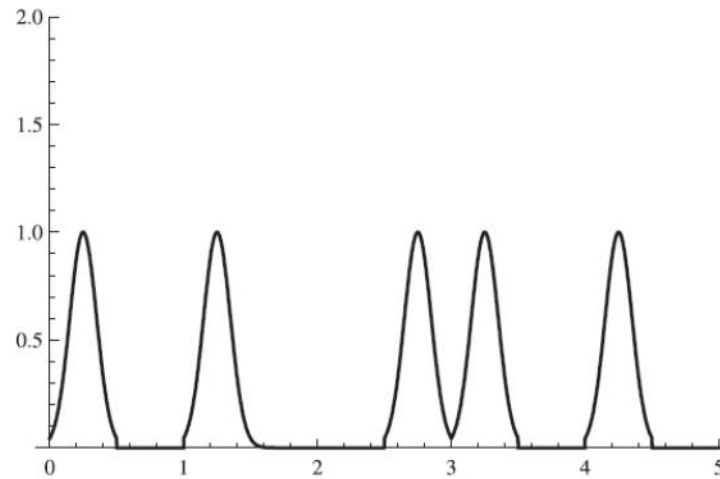
$$\Delta_1 : \{r_1 \geq r_2\}, \quad \Delta_2 : \{r_1 < r_2\}$$

# Binary Pulse Position Modulation (BPPM) Πομπός-Δέκτης



# Binary Pulse Position Modulation (BPPM)

## Πιθανότητα Σφάλματος (1)





# Binary Pulse Position Modulation (BPPM)

## Πιθανότητα Σφάλματος (2)

$$s_1 \rightarrow 0 \text{ και } s_2 \rightarrow 1 \quad s_1 = \{\sqrt{\mathcal{E}_g}, 0\}$$

$$\mathbf{r} = \{r_1, r_2\} = \{\sqrt{\mathcal{E}_g} + n_1, n_2\}$$

$$\begin{aligned} \Pr(\hat{s} \neq s_1 | s_1) &= \Pr(r_2 > r_1 | s_1) = \Pr(n_2 > \sqrt{\mathcal{E}_g} + n_1) \\ &= \Pr(n_2 - n_1 > \sqrt{\mathcal{E}_g}) = Q\left(\sqrt{\frac{\mathcal{E}_g}{N_0}}\right). \end{aligned}$$

$$\sigma^2 = N_0/2 + N_0/2 = N_0.$$

$$s_2 = \{0, \sqrt{\mathcal{E}_g}\}$$

$$\Pr(\hat{s} \neq s_2 | s_2) = Q\left(\sqrt{\frac{\mathcal{E}_g}{N_0}}\right)$$

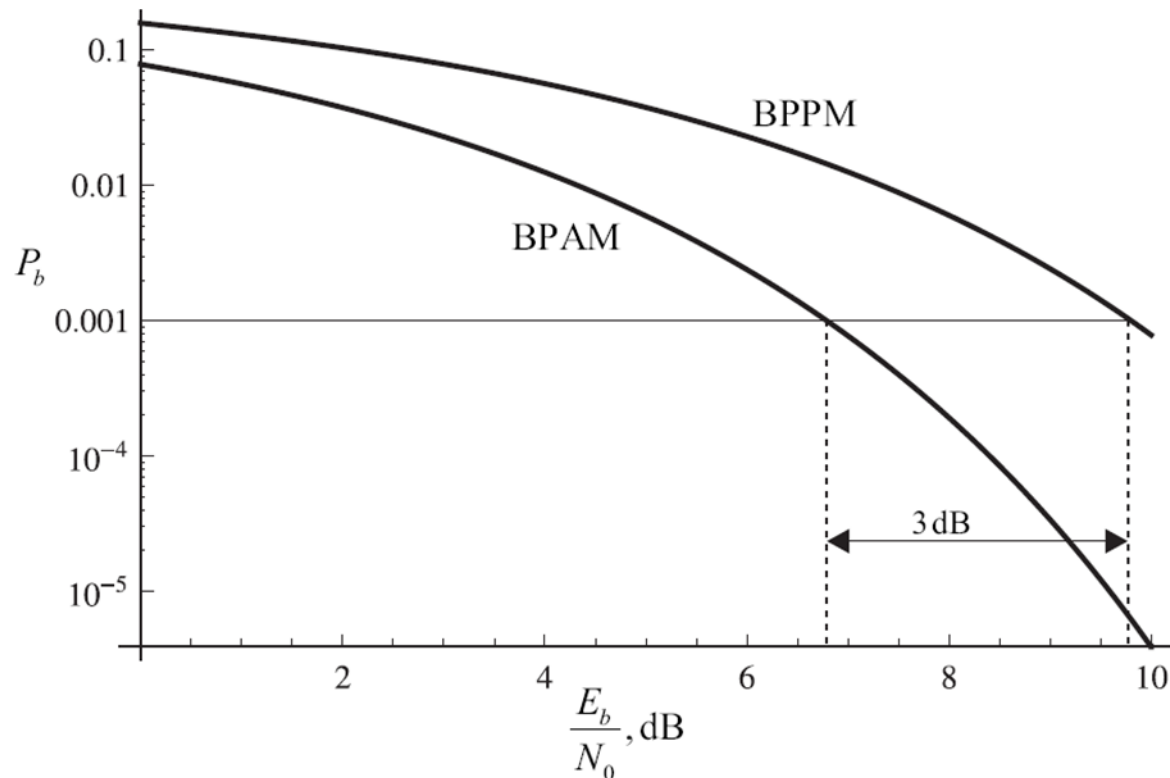
$$\mathcal{E}_g = \mathcal{E}_b \quad \rightarrow \quad P_{b(BPPM)} = \frac{1}{2}Q\left(\sqrt{\frac{\mathcal{E}_g}{N_0}}\right) + \frac{1}{2}Q\left(\sqrt{\frac{\mathcal{E}_g}{N_0}}\right) = Q\left(\sqrt{\frac{\mathcal{E}_b}{N_0}}\right)$$



# Binary Pulse Position Modulation (BPPM)

## Πιθανότητα Σφάλματος (3)

$$P_{b(BPPM)} = Q\left(\sqrt{\frac{\mathcal{E}_b}{N_0}}\right), \quad P_{b(BPAM)} = Q\left(\sqrt{\frac{2\mathcal{E}_b}{N_0}}\right)$$



# Pulse Position Modulation

## Εφαρμογές

- Ασύρματος έλεγχος μοντέλων-παιχνιδιών αεροπλάνων, πλοίων και αυτοκινήτων. Η χρησιμοποίηση PPM σε αυτού του είδους τις εφαρμογές οφείλεται στην εύκολη ανίχνευση των συμβόλων στο δέκτη, κάτι που έχει σαν συνέπεια τη χρήση δεκτών πολύ μικρού μεγέθους και χαμηλής πολυπλοκότητας.
- Ανάγνωση έξυπνων καρτών από απόσταση, σύμφωνα με το πρότυπο ISO 15693. Το σύστημα λειτουργεί σε συχνότητα 13.56 MHz και μπορεί να αναγνώσει κάρτες από απόσταση 1-1.5 μ.
- Σε συστήματα ασύρματης επικοινωνίας υπερ-ευρείας (ultra wide-band) ζώνης (IEEE P802.15 TG3a ).
- Σε συστήματα ασύρματων οπτικών δικτύων εσωτερικών χώρων, με υπέρυθρη ακτινοβολία (IEEE 802.11 Wireless Access Method and Physical Layer Specification).
- Σε συστήματα οπτικής επικοινωνίας μεταξύ δορυφόρων (Optical Inter-orbit Communications Engineering Test Satellite-OICETS).
- Σε επικοινωνίες διαστημικών αποστολών (deep-space communications).



# Τέλος Υποενότητας

Ψηφιακή Διαμόρφωση

Μέρος Α

# 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, Ψηφιακή Διαμόρφωση». 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. "

