



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Συστήματα Επικοινωνιών

Ενότητα 11: Ψηφιακή Διαμόρφωση – Μέρος Α΄

Μιχαήλ Λογοθέτης

Πολυτεχνική Σχολή

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών
και Τεχνολογίας Υπολογιστών

Σκοποί ενότητας

- Περιγραφή διαμόρφωσης παλμών κατά πλάτος
- Παρουσίαση της μεθόδου αποδιαμόρφωσης στη διαμόρφωση παλμών κατά πλάτος
- Παρουσίαση του πομπού και του δέκτη
- Περιγραφή της ανάλυσης για τον υπολογισμό της πιθανότητας σφάλματος στην διαμόρφωση παλμών κατά πλάτος



Περιεχόμενα ενότητας

- ❑ ΕΙΣΑΓΩΓΗ
- ❑ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΠΑΛΜΩΝ ΚΑΤΑ ΠΛΑΤΟΣ (PAM)
- ❑ PAM: ΑΠΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ – ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ
- ❑ PAM: ΠΟΜΠΟΣ ΚΑΙ ΔΕΚΤΗΣ
- ❑ PAM: ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ
- ❑ PAM: ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ



Περιεχόμενα ενότητας

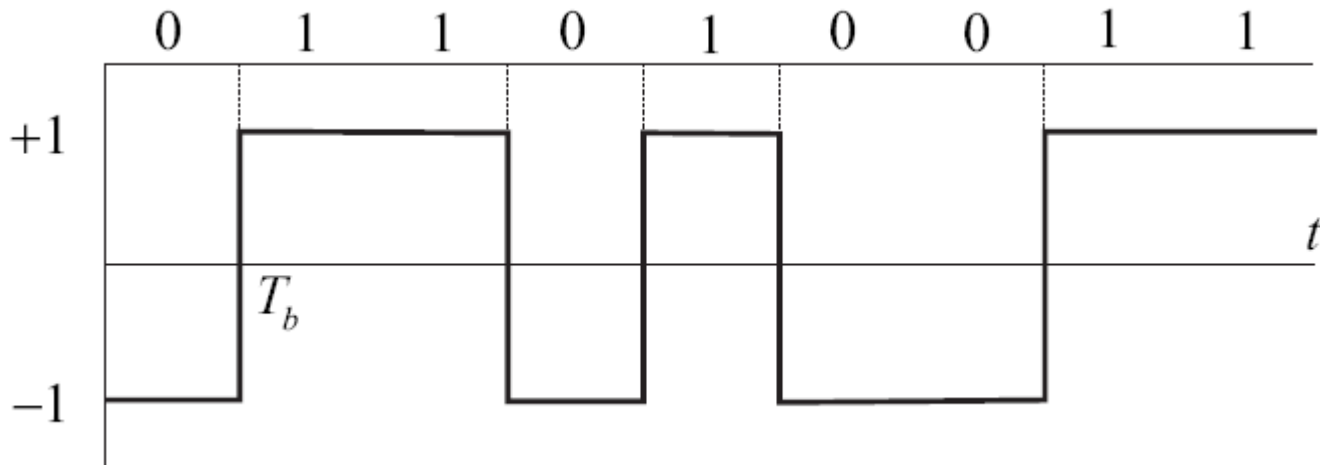
□ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΠΑΛΜΩΝ ΚΑΤΑ ΠΛΑΤΟΣ (PAM)
- PAM: ΑΠΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ – ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ
- PAM: ΠΟΜΠΟΣ ΚΑΙ ΔΕΚΤΗΣ
- PAM: ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ
- PAM: ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ



Ψηφιακή Διαμόρφωση

Γενικά η έννοια της διαμόρφωσης 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 κανάλι.



Διαμόρφωση βασικής ζώνης (1/2)

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 (2/2)

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.



Περιεχόμενα ενότητας

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΠΑΛΜΩΝ ΚΑΤΑ ΠΛΑΤΟΣ (PAM)

PAM: ΑΠΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ – ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ

PAM: ΠΟΜΠΟΣ ΚΑΙ ΔΕΚΤΗΣ

PAM: ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ

PAM: ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ



Διαμόρφωση παλμών κατά πλάτος

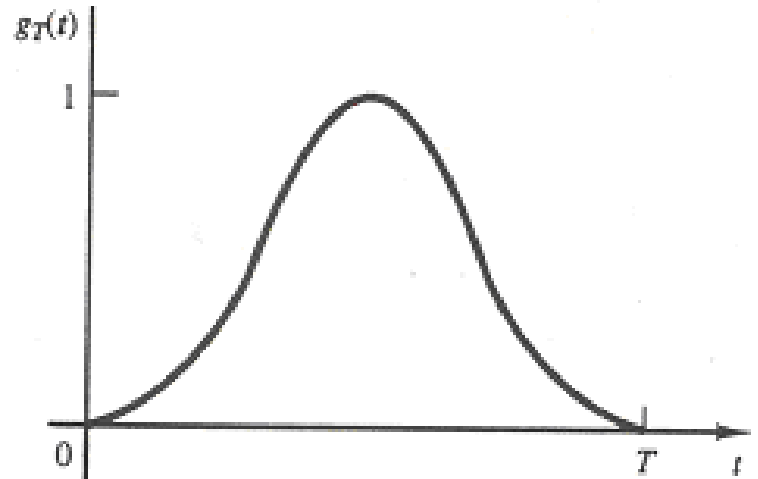
Pulse Amplitude Modulation-PAM

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

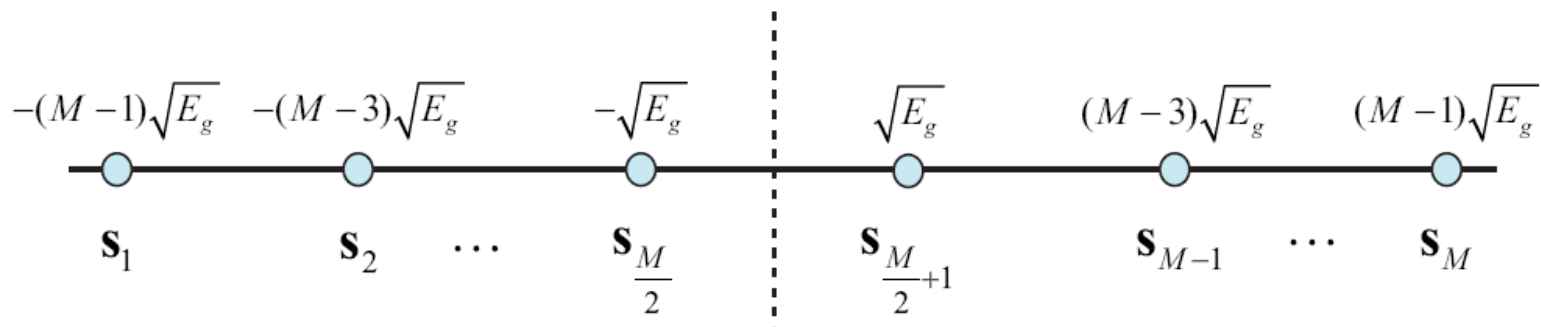
$$\phi(t) = \frac{g(t)}{\sqrt{\mathcal{E}_g}} \quad \mathcal{E}_g = \int_0^T |g(t)|^2 dt$$

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

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



(a)



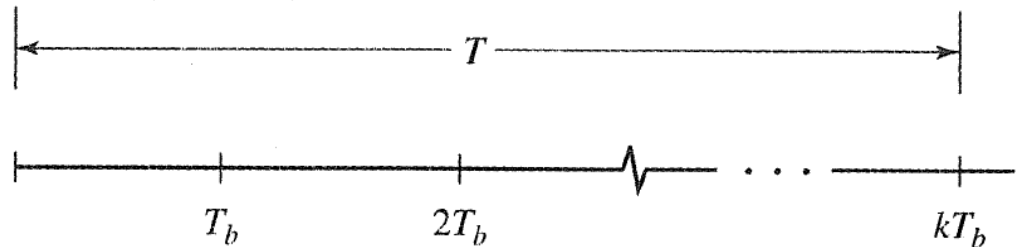
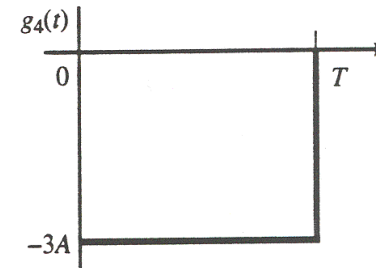
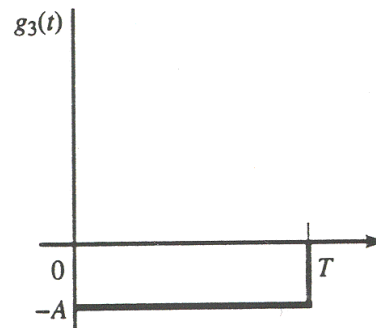
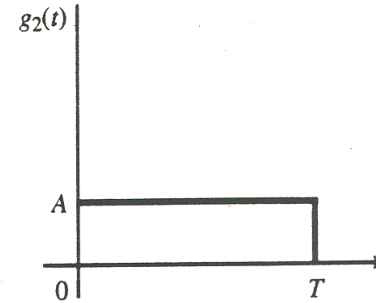
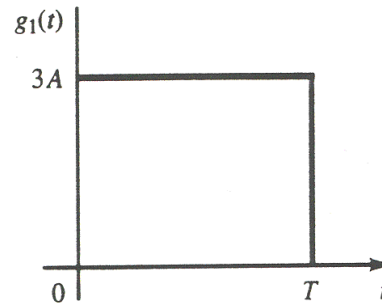
M-αδική Διαμόρφωση παλμών κατά πλάτος (M-PAM) (1/3)

- Εκπέμπονται K bits ανά παλμό.
- Απαιτούνται $M=2K$ τιμές πλάτους

Παράδειγμα: $K=2$, $M=4$.
Μεταδίδονται τα σύμβολα
00, 01, 10, 11

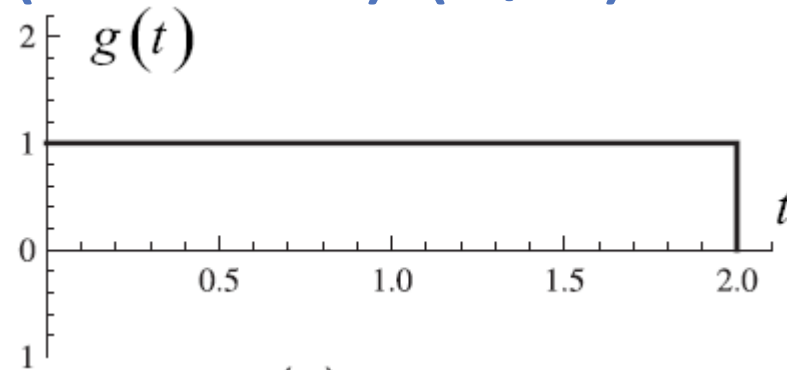
Αν ο ρυθμός μετάδοσης των bits R_b είναι σταθερός, τότε

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

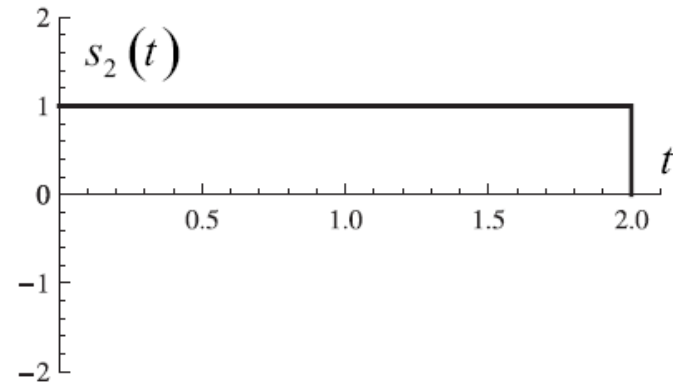
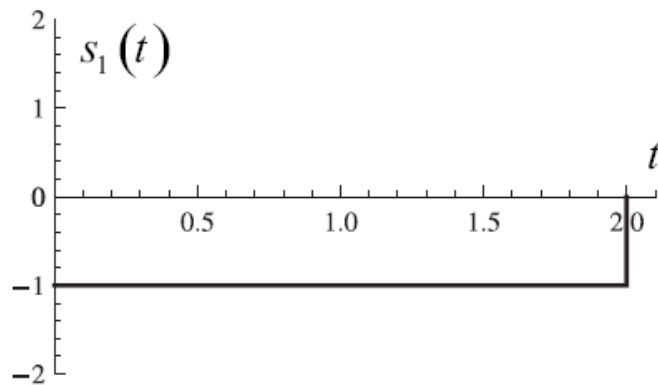


M-αδική Διαμόρφωση παλμών κατά πλάτος (M-PAM) (2/3)

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

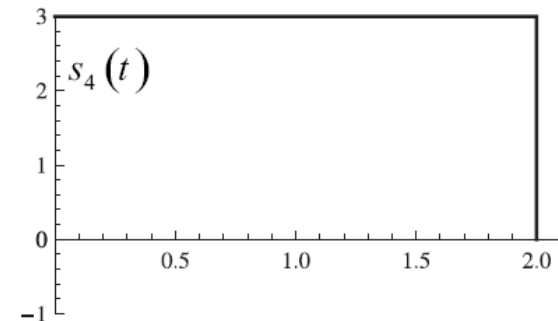
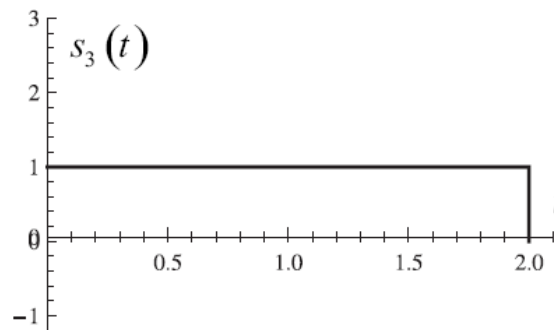
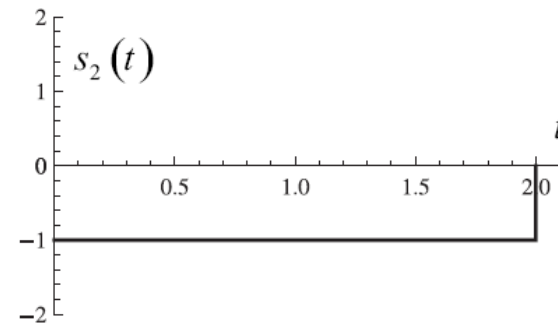
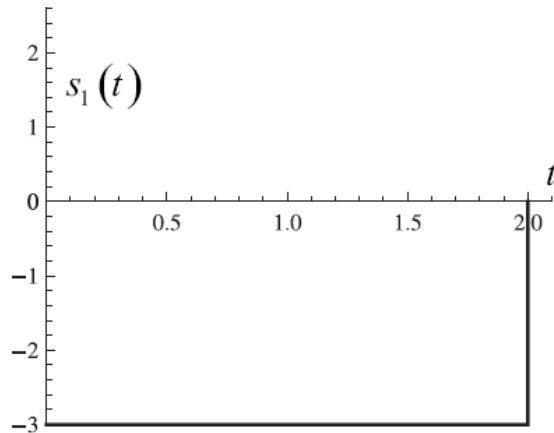


$$s_i(t) = (2i - 3)g(t) = \begin{cases} 2i - 3, & t \in [0, 2] \\ 0, & \text{αλλού} \end{cases} \quad i = 1, 2$$



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

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

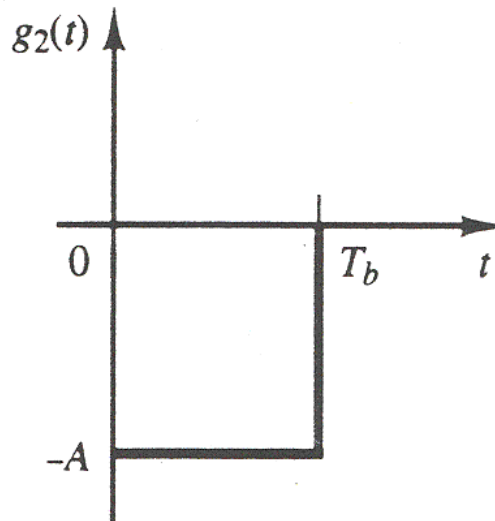
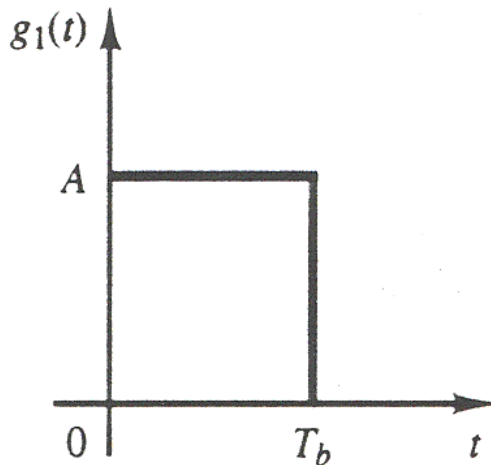


Διαμόρφωση παλμών κατά πλάτος, BPSK

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



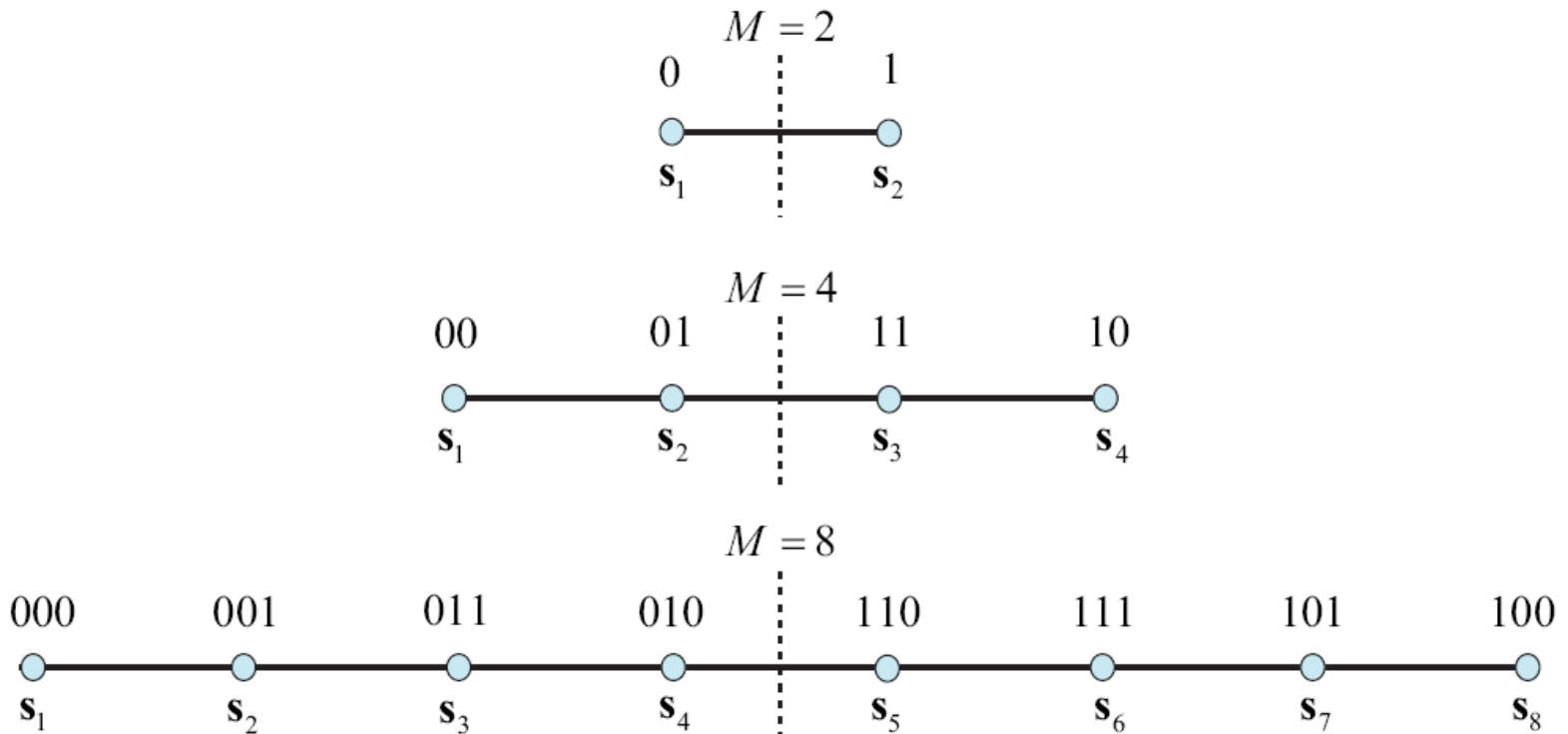
Αντίποδη σηματοδότηση (Antipode signaling)



$T_b \rightarrow$ διάρκεια bit
 $R_b = 1/T_b$

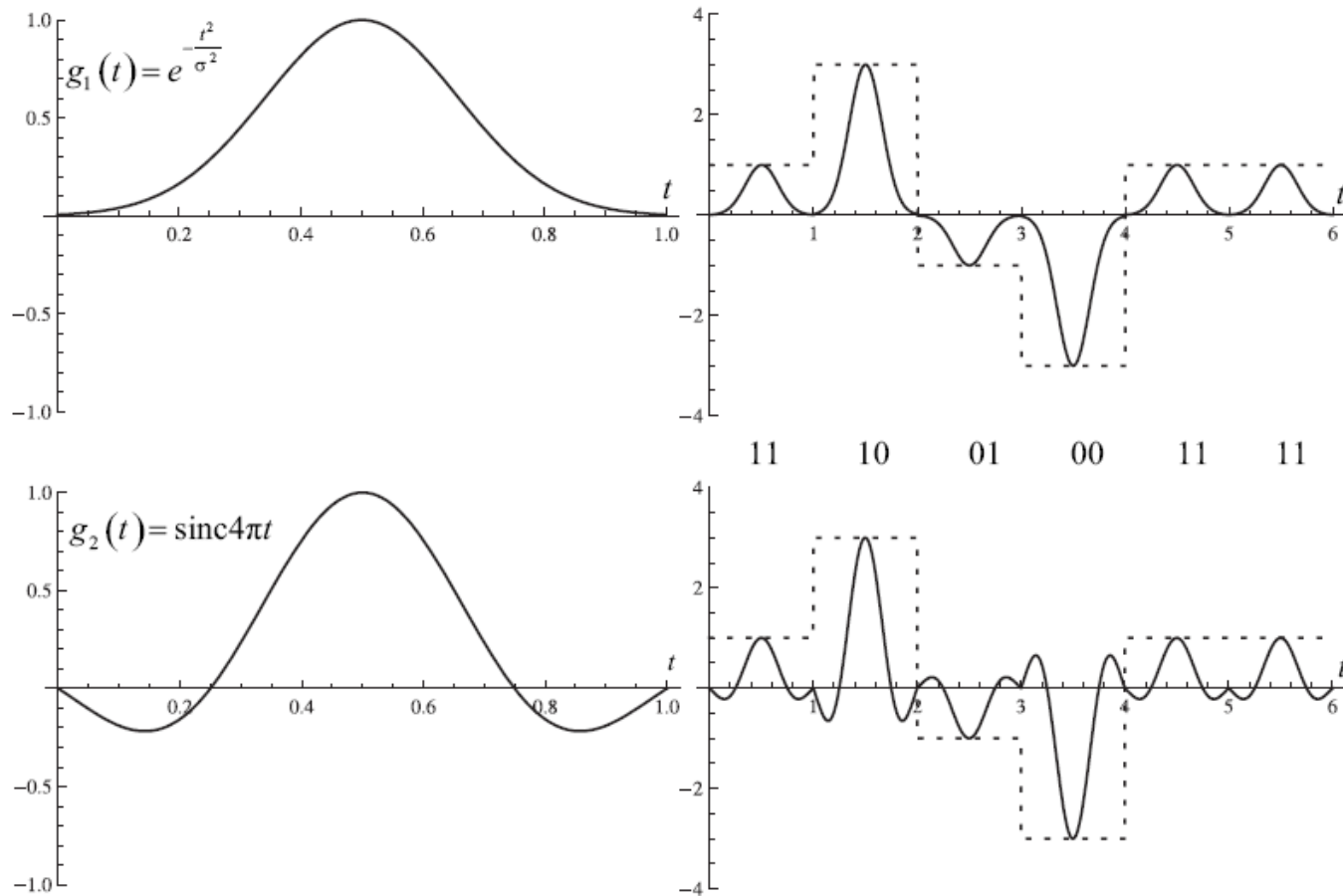


Αστερισμοί M-RAM



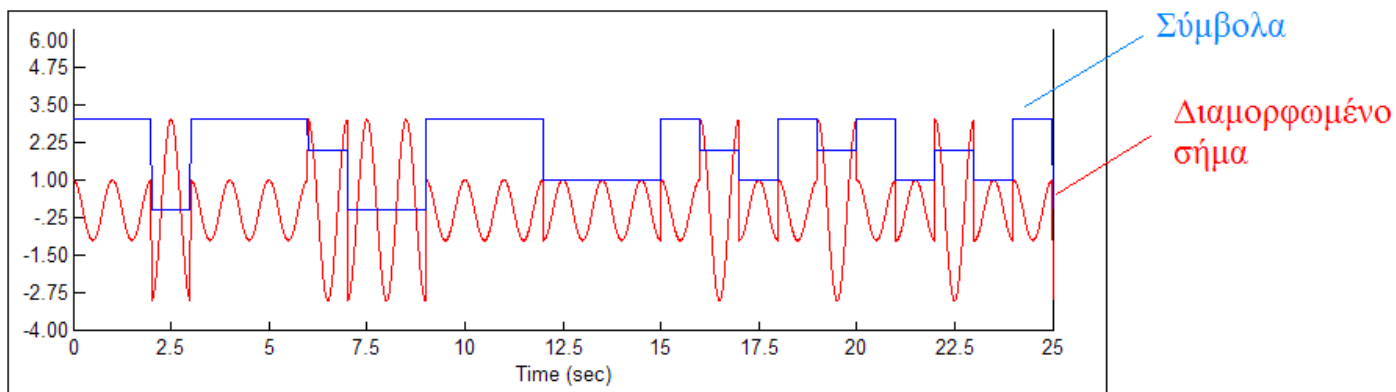
Παραδείγματα 4-PAM με κωδικοποίηση Gray

00 → -3, 01 → -1, 11 → +1, 10 → +3

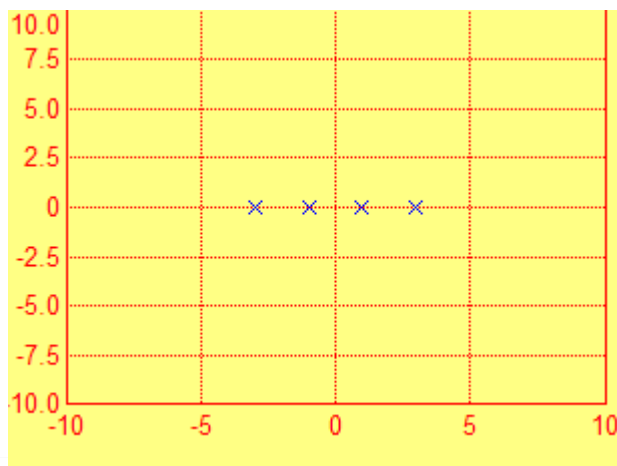


Παραδείγματα 4-PAM

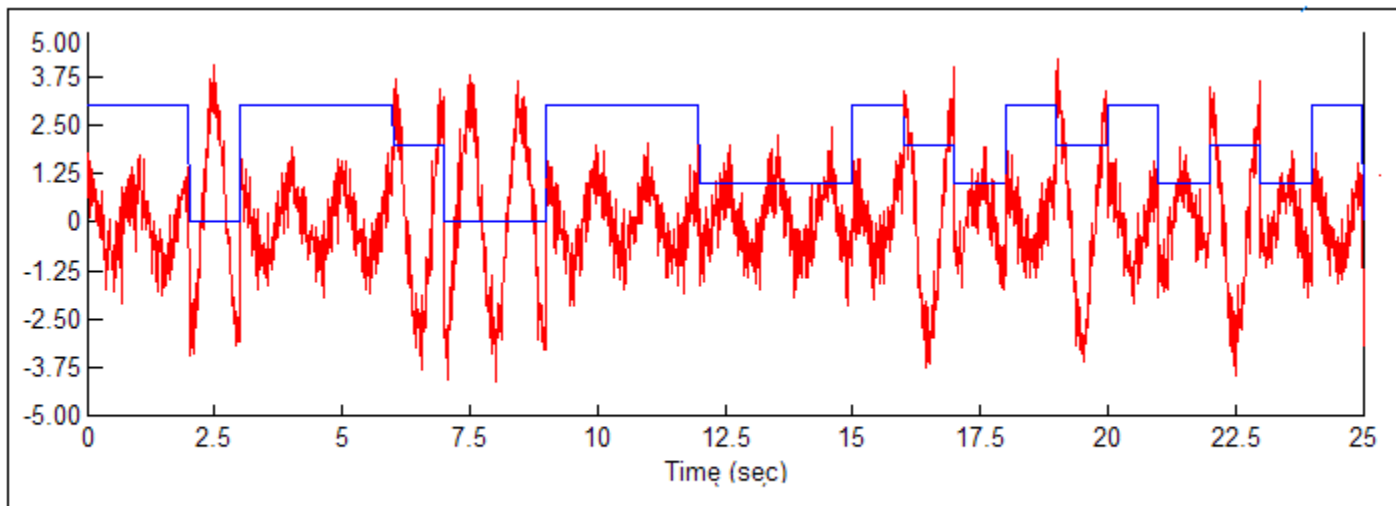
4 – PAM: 4 διαφορετικά σύμβολα που αντιστοιχούν σε δυάδες από bits (00 01 10 11).



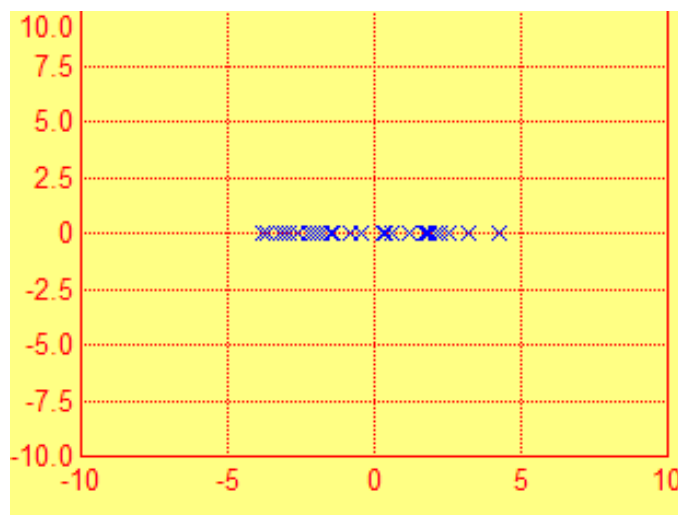
No noise



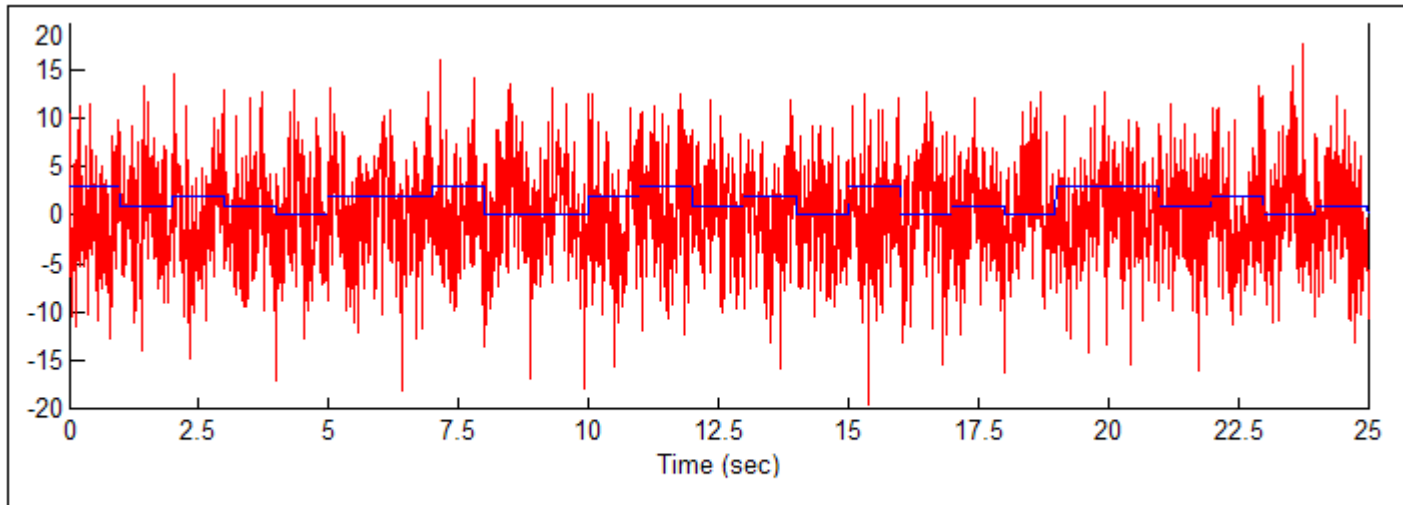
Διαμόρφωση παλμών κατά πλάτος (1/2)



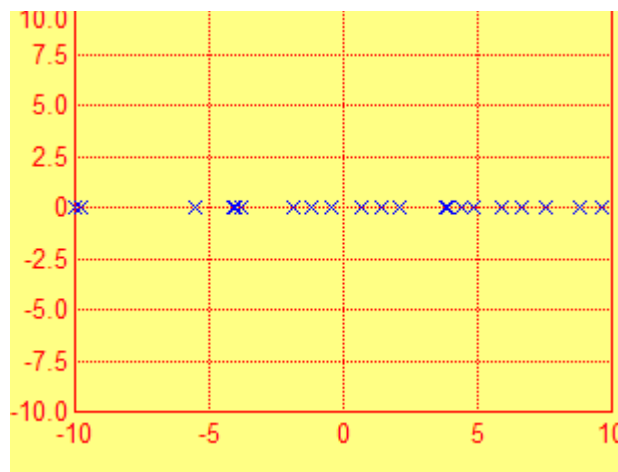
SNR=10 dB



Διαμόρφωση παλμών κατά πλάτος (2/2)



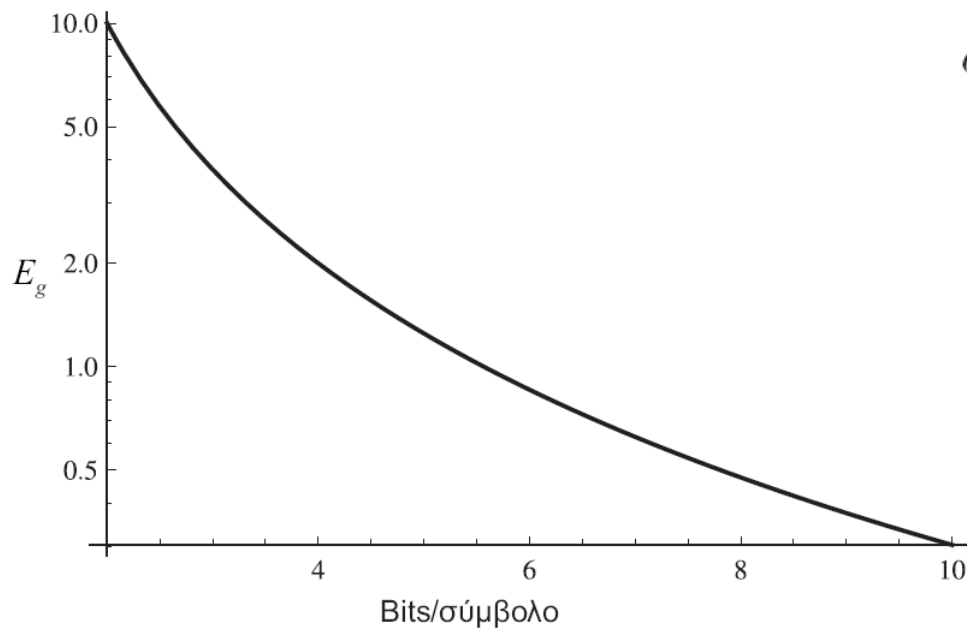
SNR= 0 dB



Διαμόρφωση παλμών κατά πλάτος

Ενέργεια συμβόλου και bit

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



$$d_{s_i, s_j} = \sqrt{\|s_i - s_j\|^2} = 2\|i - j\| \sqrt{\mathcal{E}_g},$$

$$j = i \pm 1 \text{ με } 1 \leq j \leq M$$

$$d_{\min} = \sqrt{\|s_i - s_{i \pm 1}\|^2} = 2\sqrt{\mathcal{E}_g}.$$

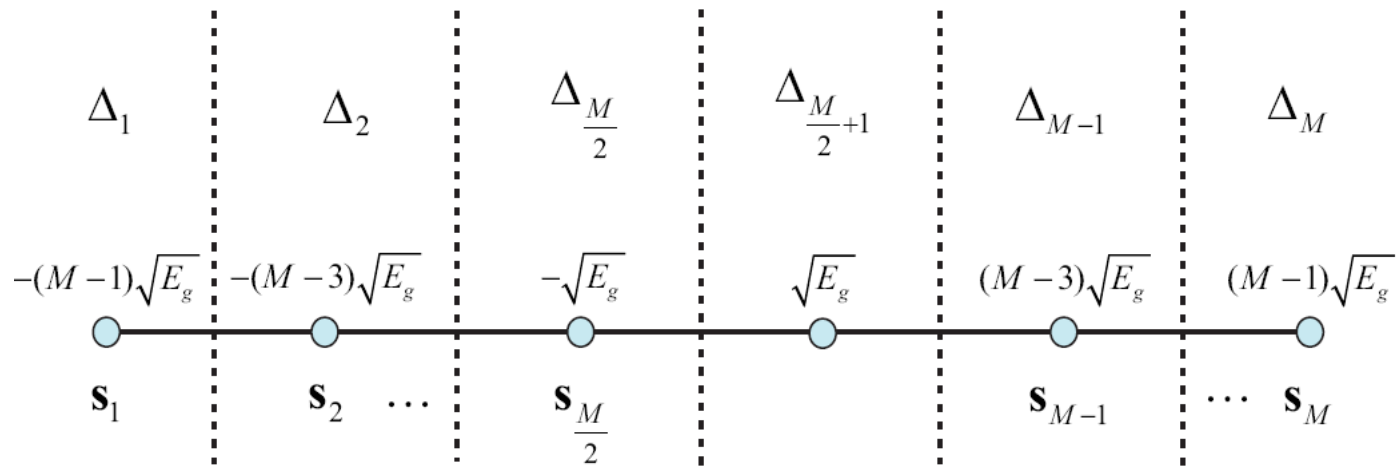


Περιεχόμενα ενότητας

- ΕΙΣΑΓΩΓΗ
- ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΠΑΛΜΩΝ ΚΑΤΑ ΠΛΑΤΟΣ (PAM)
- PAM: ΑΠΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ – ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ
- PAM: ΠΟΜΠΟΣ ΚΑΙ ΔΕΚΤΗΣ
- PAM: ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ
- PAM: ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ



Αποδιαμόρφωση-Ανίχνευση (1/2)



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

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

⋮

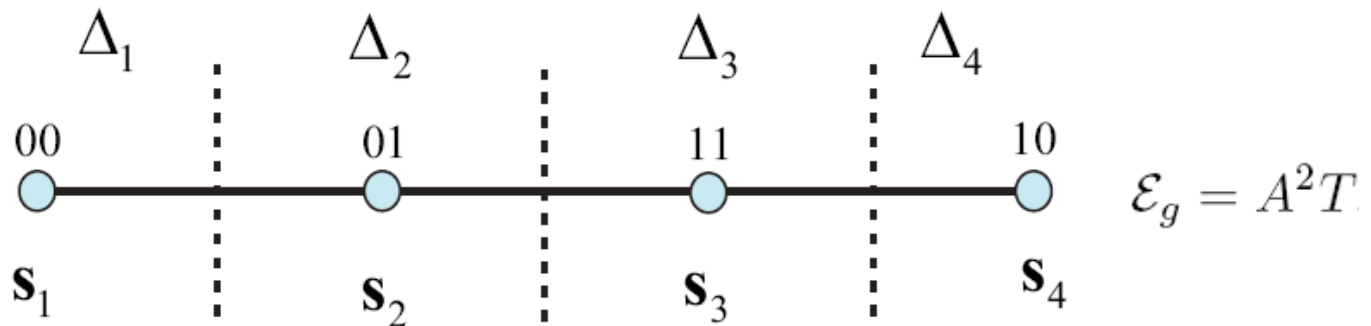
$$\Delta_{M-1} : \{(M-4)\sqrt{\mathcal{E}_g} \leq r \leq (M-2)\sqrt{\mathcal{E}_g}\}$$

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



Αποδιαμόρφωση-Ανίχνευση (2/2)

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



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

$$\Delta_2 : -2\sqrt{\mathcal{E}_g} < r < 0$$

$$\Delta_3 : 0 < r < 2\sqrt{\mathcal{E}_g}$$

$$\Delta_4 : 2\sqrt{\mathcal{E}_g} < r.$$



$$\hat{s} = s_i \rightarrow \begin{cases} \{00\}, & r \in \Delta_1 \\ \{01\}, & r \in \Delta_2 \\ \{11\}, & r \in \Delta_3 \\ \{10\}, & r \in \Delta_4, \end{cases}$$

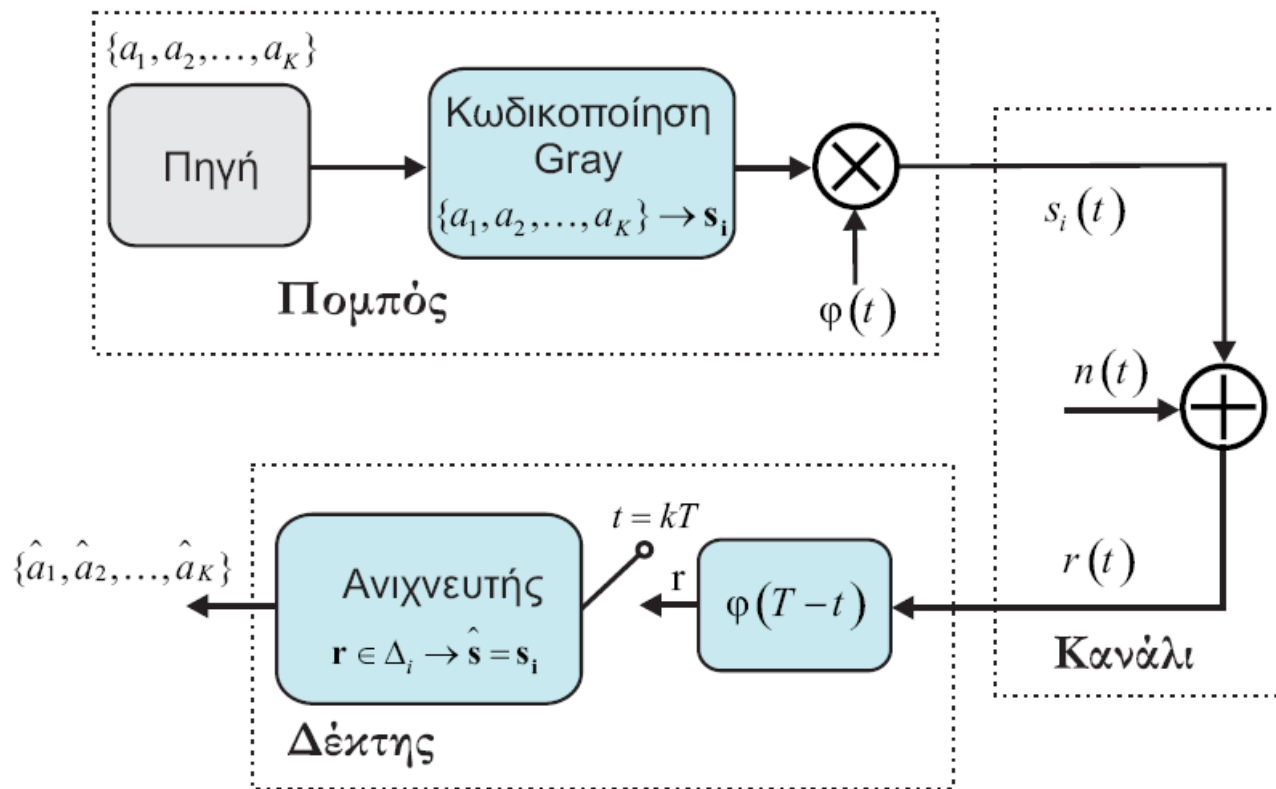
Περιεχόμενα ενότητας

- ΕΙΣΑΓΩΓΗ
- ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΠΑΛΜΩΝ ΚΑΤΑ ΠΛΑΤΟΣ (PAM)
- PAM: ΑΠΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ – ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ
- PAM: ΠΟΜΠΟΣ ΚΑΙ ΔΕΚΤΗΣ
- PAM: ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ
- PAM: ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

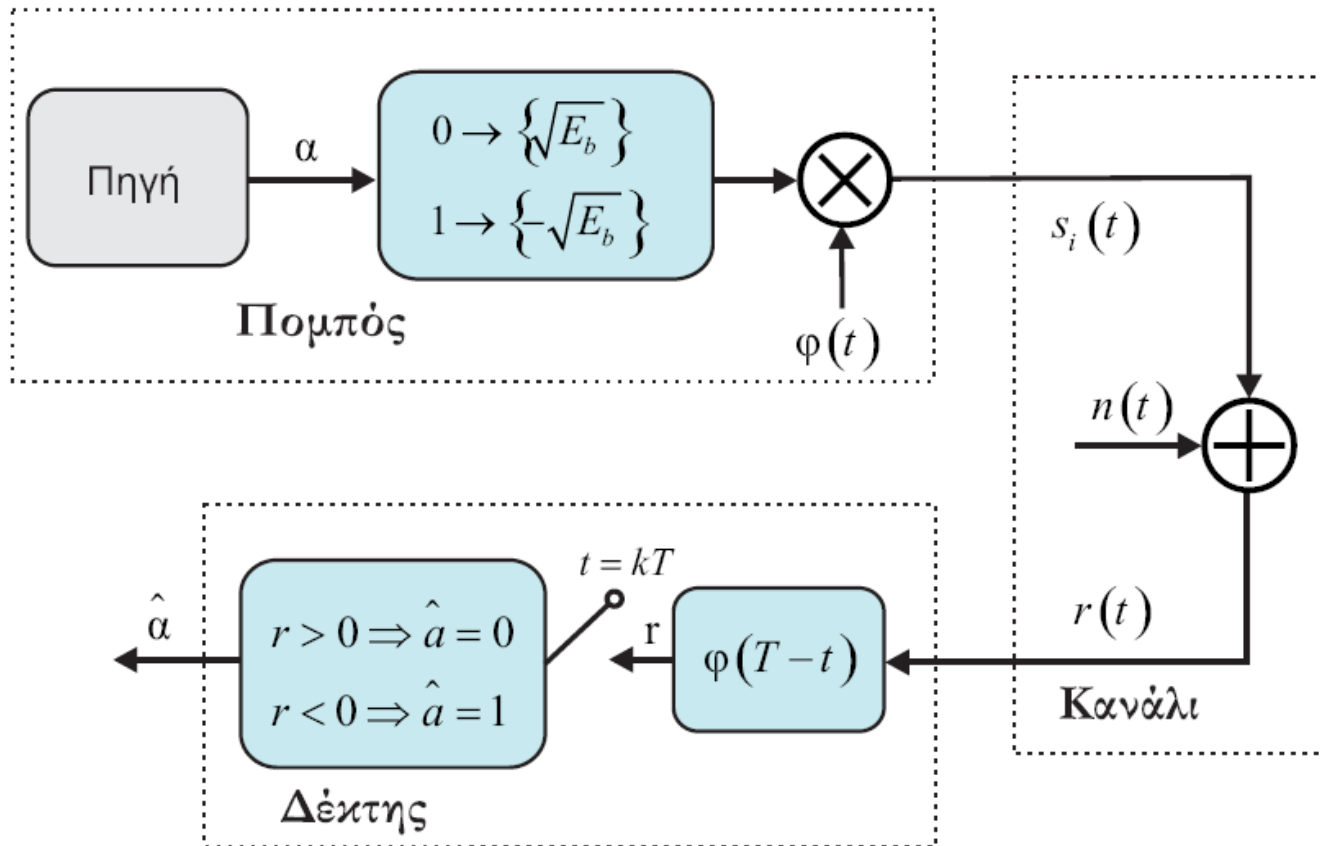


Διαμόρφωση παλμών κατά πλάτος Πομπός-Δέκτης

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



Διαμόρφωση παλμών κατά πλάτος Πομπός-Δέκτης B-PSK



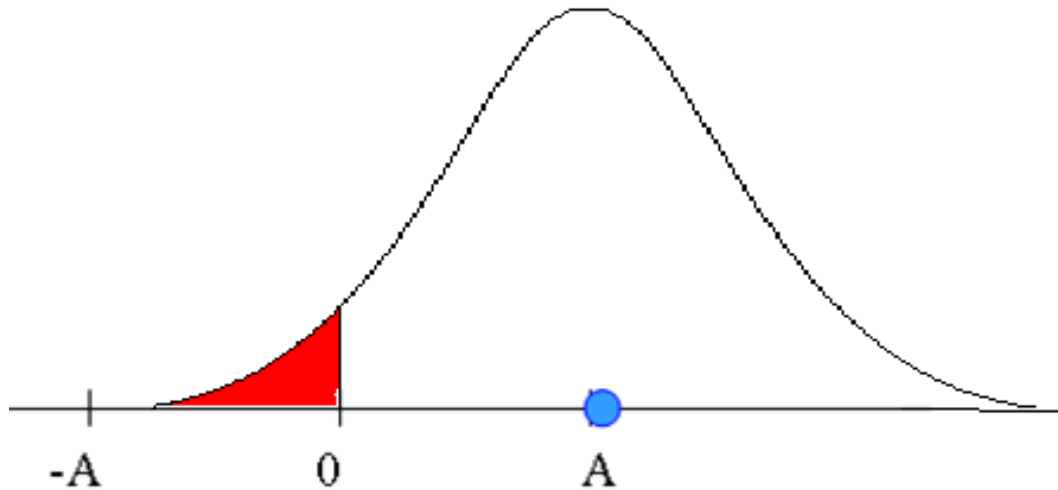
Περιεχόμενα ενότητας

- ΕΙΣΑΓΩΓΗ
- ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΠΑΛΜΩΝ ΚΑΤΑ ΠΛΑΤΟΣ (PAM)
- PAM: ΑΠΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ – ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ
- PAM: ΠΟΜΠΟΣ ΚΑΙ ΔΕΚΤΗΣ
- PAM: ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ**
- PAM: ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ



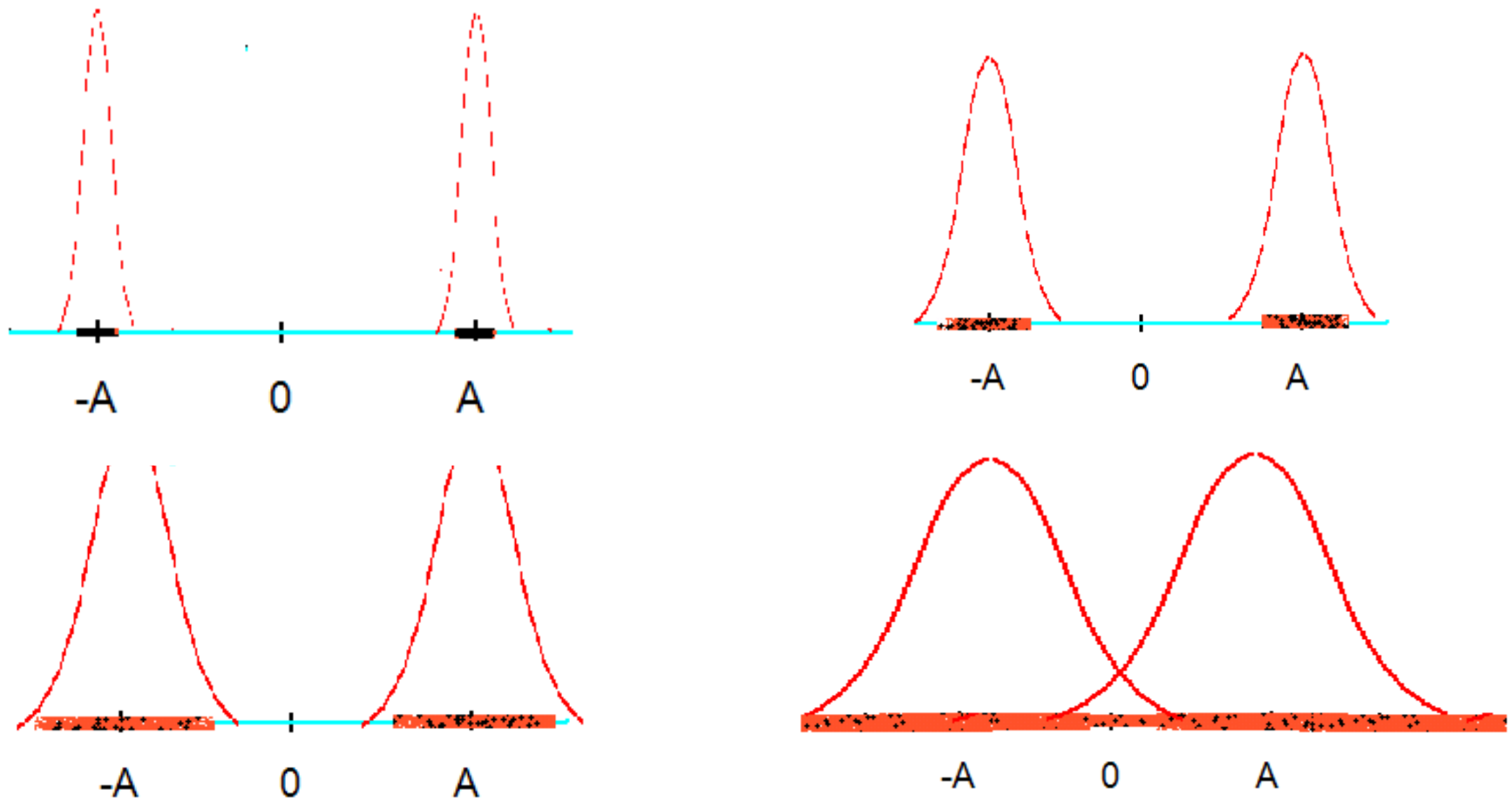
Μέση Πιθανότητα Σφάλματος B-PAM (1/3)

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.



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

Μέση Πιθανότητα Σφάλματος B-PAM (2/3)



Μέση Πιθανότητα Σφάλματος B-PAM (3/3)

$$r = s_i + n \quad \mathbf{s}_1 \rightarrow 0 \text{ και } \mathbf{s}_2 \rightarrow 1$$

$$P_{b|\mathbf{s}_2} = \Pr(\hat{\mathbf{s}} \neq \mathbf{s}_2 | \mathbf{s}_2) = \Pr(r < 0 | \mathbf{s}_2) = \Pr(\sqrt{\mathcal{E}_g} + n < 0)$$

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

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

$$Q(x) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{\sqrt{2}}\right)$$

$$\mathbf{s}_1 = \{-\sqrt{\mathcal{E}_g}\}$$

$$P_{b|\mathbf{s}_1} = \Pr(\hat{\mathbf{s}} \neq \mathbf{s}_1 | \mathbf{s}_1) = \Pr(r > 0 | \mathbf{s}_1) = \Pr(-\sqrt{\mathcal{E}_g} + n > 0)$$

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



Πιθανότητα Σφάλματος B-PAM

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

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

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

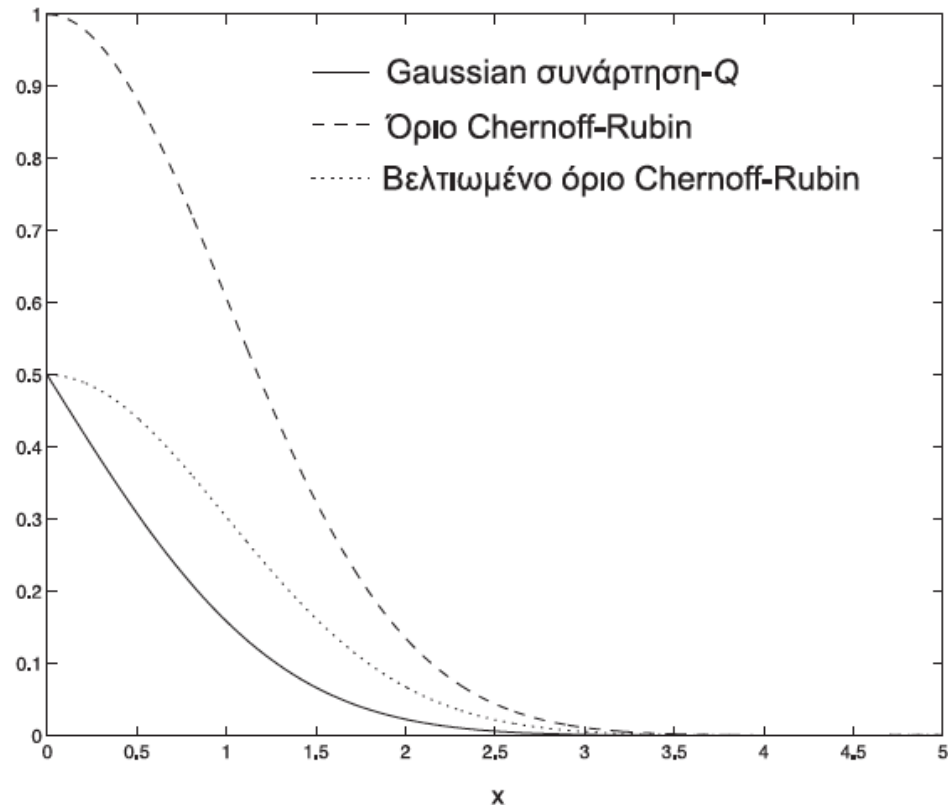
$$\text{Gray, } > 20 \text{ dB} \quad \Rightarrow \quad P_{b(MPAM)} \simeq \frac{P_s}{\log_2 M} = \frac{2(M-1)}{M \log_2 M} Q \left(\sqrt{\frac{6\mathcal{E}_b \log_2 M}{(M^2-1)N_0}} \right)$$



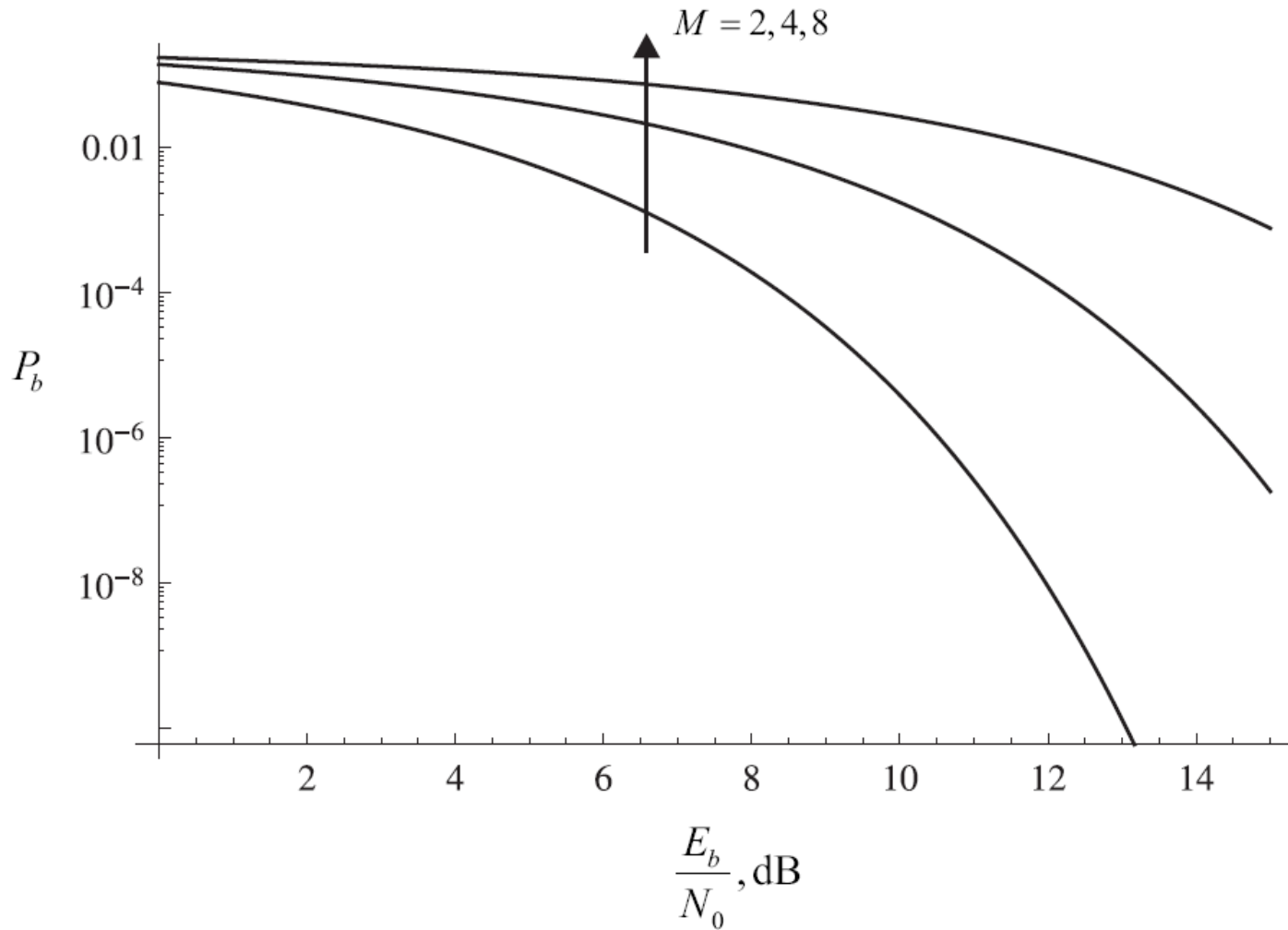
Gaussian Q-function

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

$$\text{erfc}(x) = 1 - \text{erf}(x) = 2Q(\sqrt{2}x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_x^{\infty} e^{-t^2} dt$$



Πιθανότητα Σφάλματος M-PAM



Περιεχόμενα ενότητας

- ΕΙΣΑΓΩΓΗ
- ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΠΑΛΜΩΝ ΚΑΤΑ ΠΛΑΤΟΣ (PAM)
- PAM: ΑΠΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ – ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ
- PAM: ΠΟΜΠΟΣ ΚΑΙ ΔΕΚΤΗΣ
- PAM: ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ
- PAM: ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ



Φασματική Ανάλυση M-PAM (1/4)

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

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

όπου $G(f)$ είναι ο μετασχηματισμός Fourier του $g(t)$ (απόκριση συχνότητας του φίλτρου εκπομπής) και $S_a(f)$ είναι η ΦΠΙ της ακολουθίας πλατών a .

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

$R_a(j)$: συνάρτηση αυτοσυσχέτισης της ακολουθίας a .

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



Φασματική Ανάλυση M-PAM (2/4)

Αποδεικνύεται ότι αν τα πλάτη στην ακολουθία a είναι ασυσχέτιστα με μέση τιμή μ_a , και διακύμανση σ_a , τότε η ΦΠΙ 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

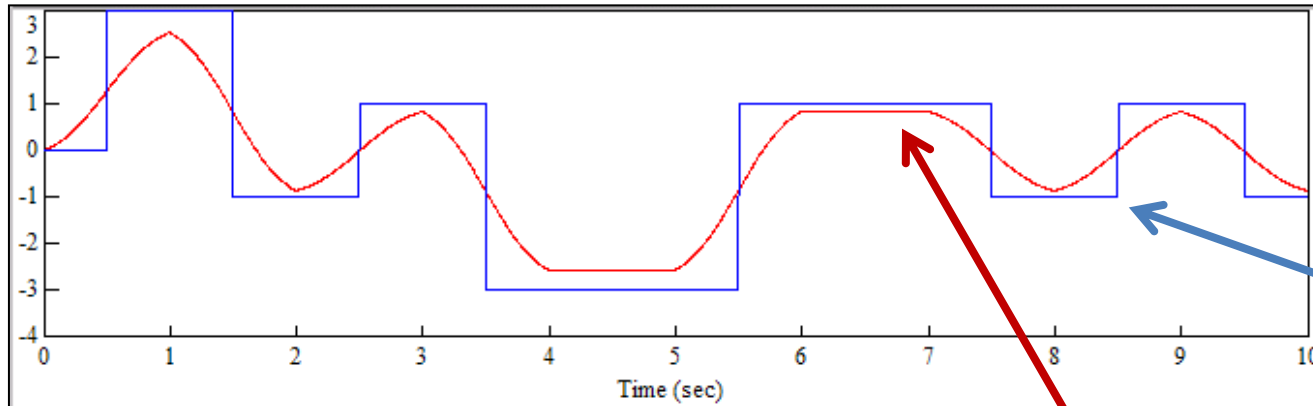
Διακριτές
συνιστώσες που
απέχουν $1/T$



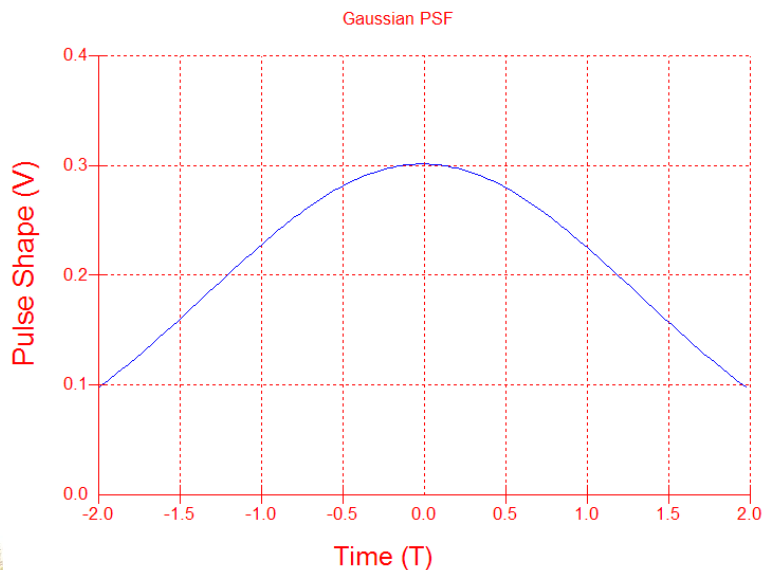
- Πρόβλημα
- Απομακρύνονται αν...



Φασματική Ανάλυση M-RAM (3/4)



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

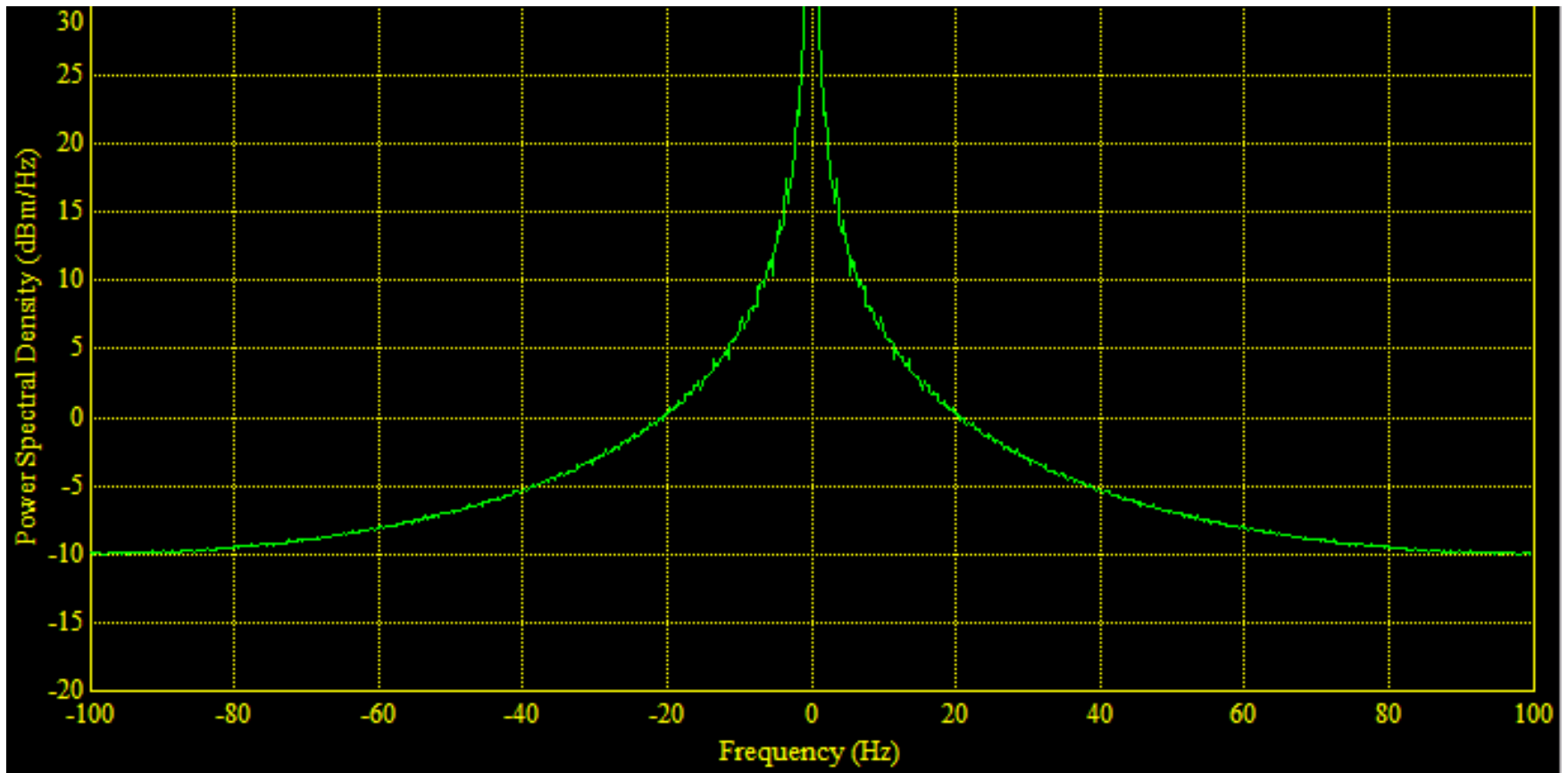


Μεταδιδόμενοι παλμοί βασικής
ζώνης. Η έξοδος του φίλτρου $g(t)$
όταν οι είσοδοι είναι τα σύμβολα a_k

← Η απόκριση του φίλτρου $g(t)$

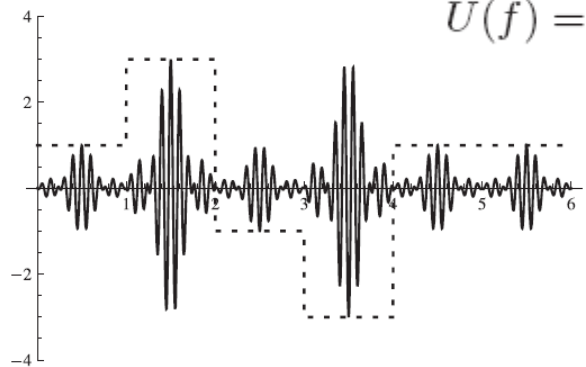
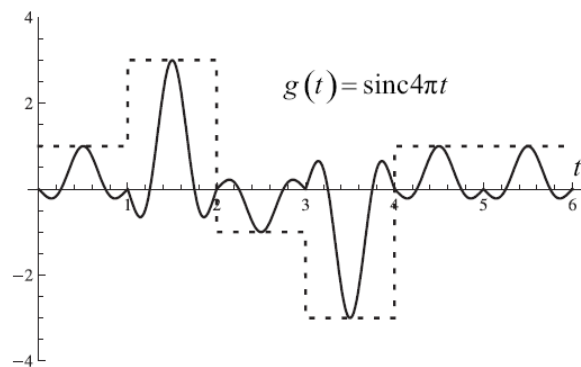
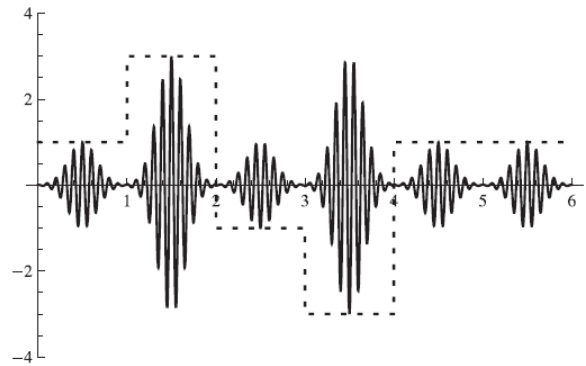
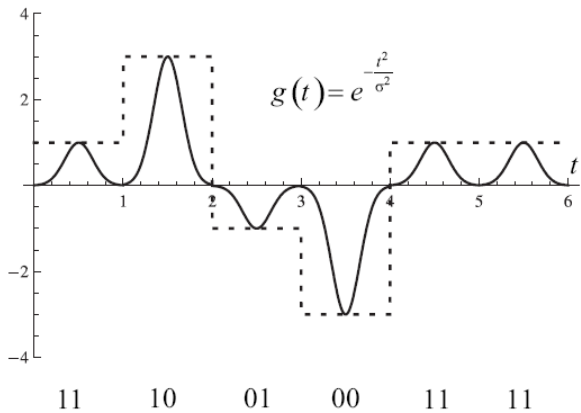


Φασματική Ανάλυση M-PAM (4/4)



Ζωνοπερατό M-PAM

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



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



Τέλος Ενότητας

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Πατρών**» 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**.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, **Μιχαήλ Λογοθέτης 2015**. «**Συστήματα Επικοινωνιών – Ενότητα 11: Ψηφιακή Διαμόρφωση – Μέρος Α**». Έκδοση: **1.0**. Πάτρα **2015**. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <https://eclass.upatras.gr/courses/EE789/> .



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

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Τα σχήματα στις διαφάνειες 5, 9-19, 21-22, 24-25, 27-28, 31-32, και 36-37 προέρχονται από το σύγγραμμα του μαθήματος “Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα”, Εκδόσεις Τζιόλα, μετά από άδεια του συγγραφέα Καθ. Γ. Καραγιαννίδη.

