



Διαμόρφωση Παλμών

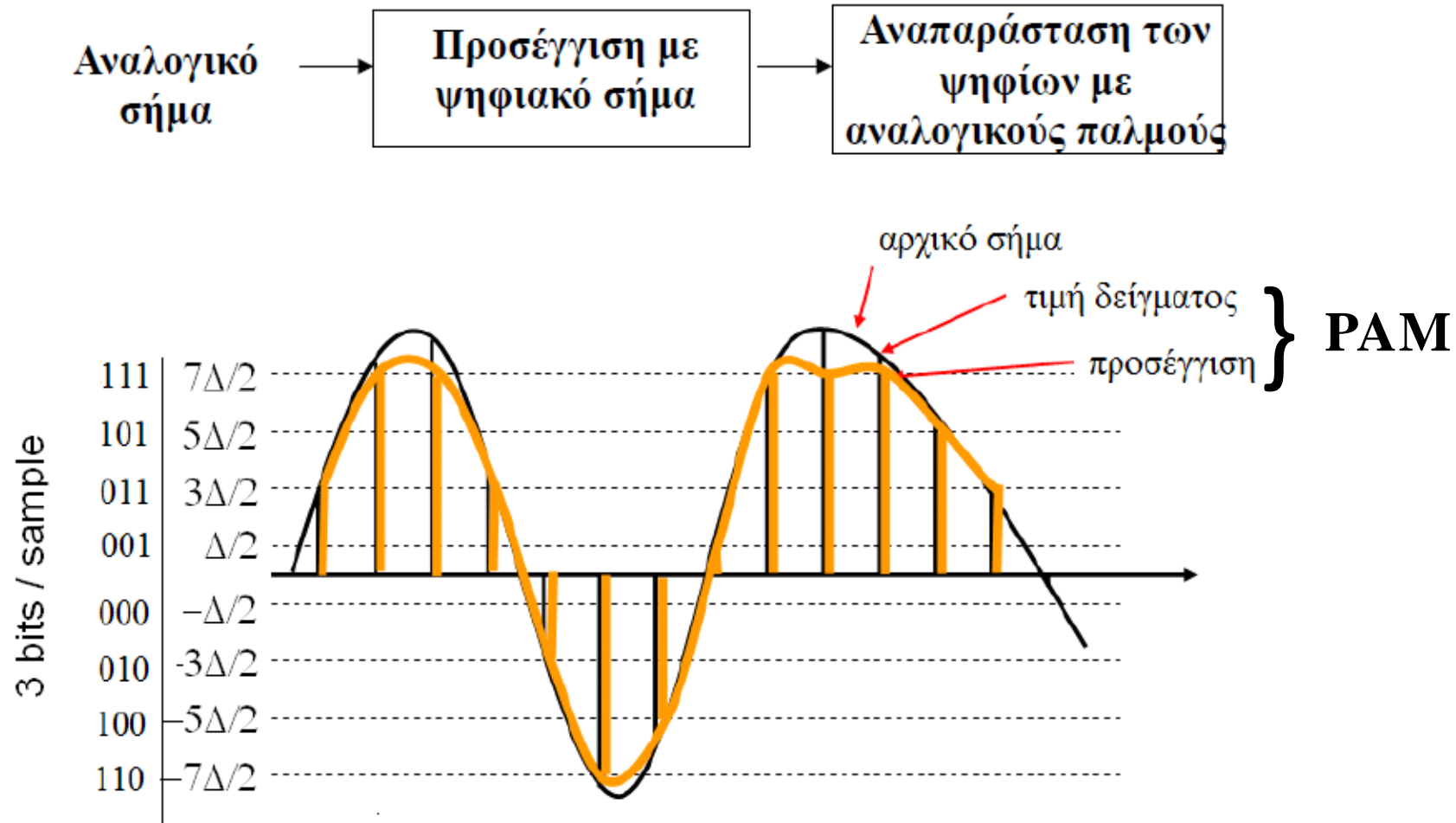
Διάγραμμα Ματιού

Ψηφιακές Μεταδόσεις

- *Μετάδοση δεδομένων (data - bits):*
 - *Βασικής ζώνης (π.χ. από CPU Η/Υ στον σκληρό δίσκο, ή σε CD).*
 - *Με Διαμόρφωση Φέροντος (π.χ. στα ασύρματα LAN, μέσω modem ραδιοκυμάτων).*

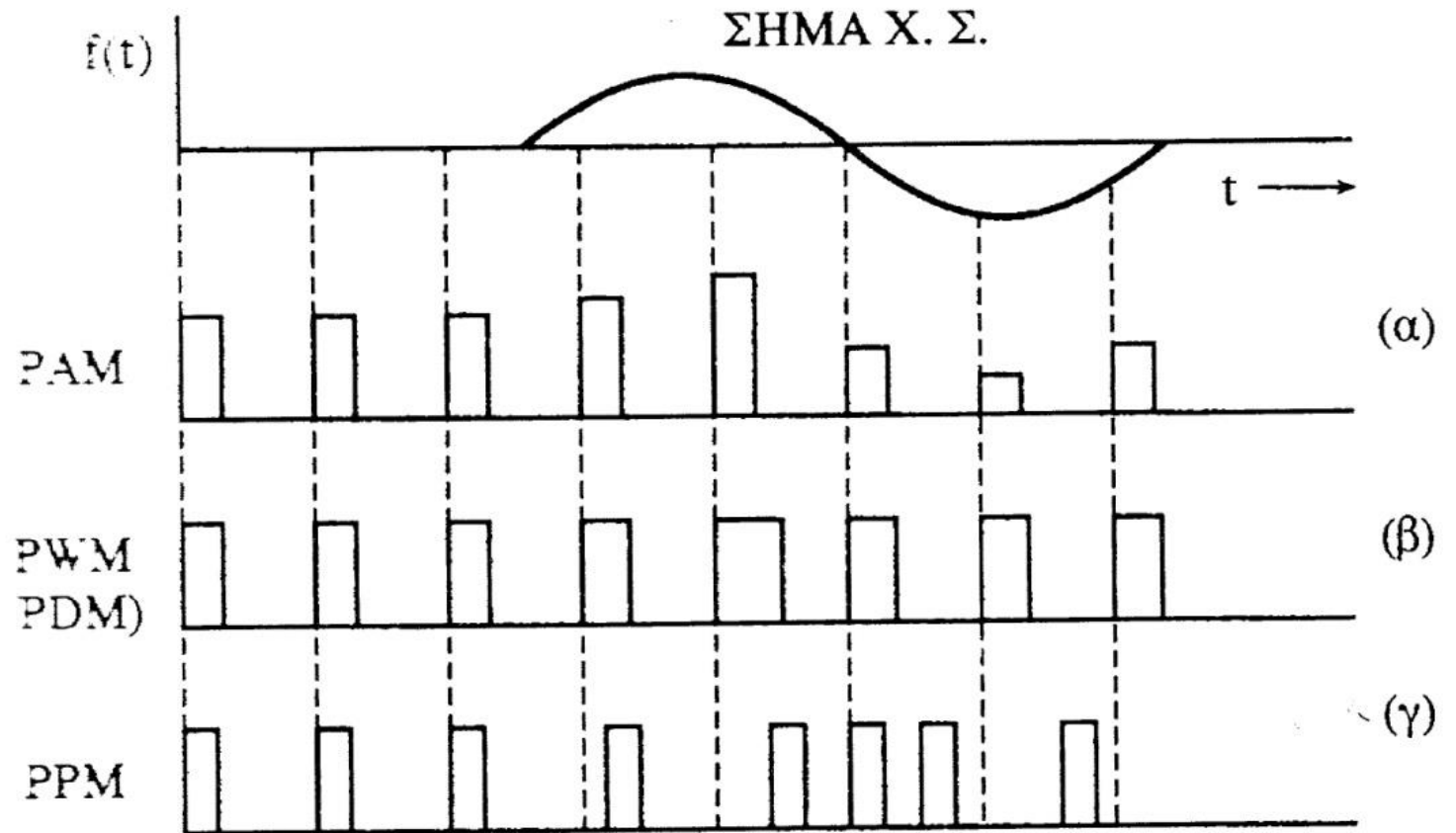
Ψηφιακό σύστημα μετάδοσης - επικοινωνίας

- Η βασική διαφορά με τα αναλογικά συστήματα:

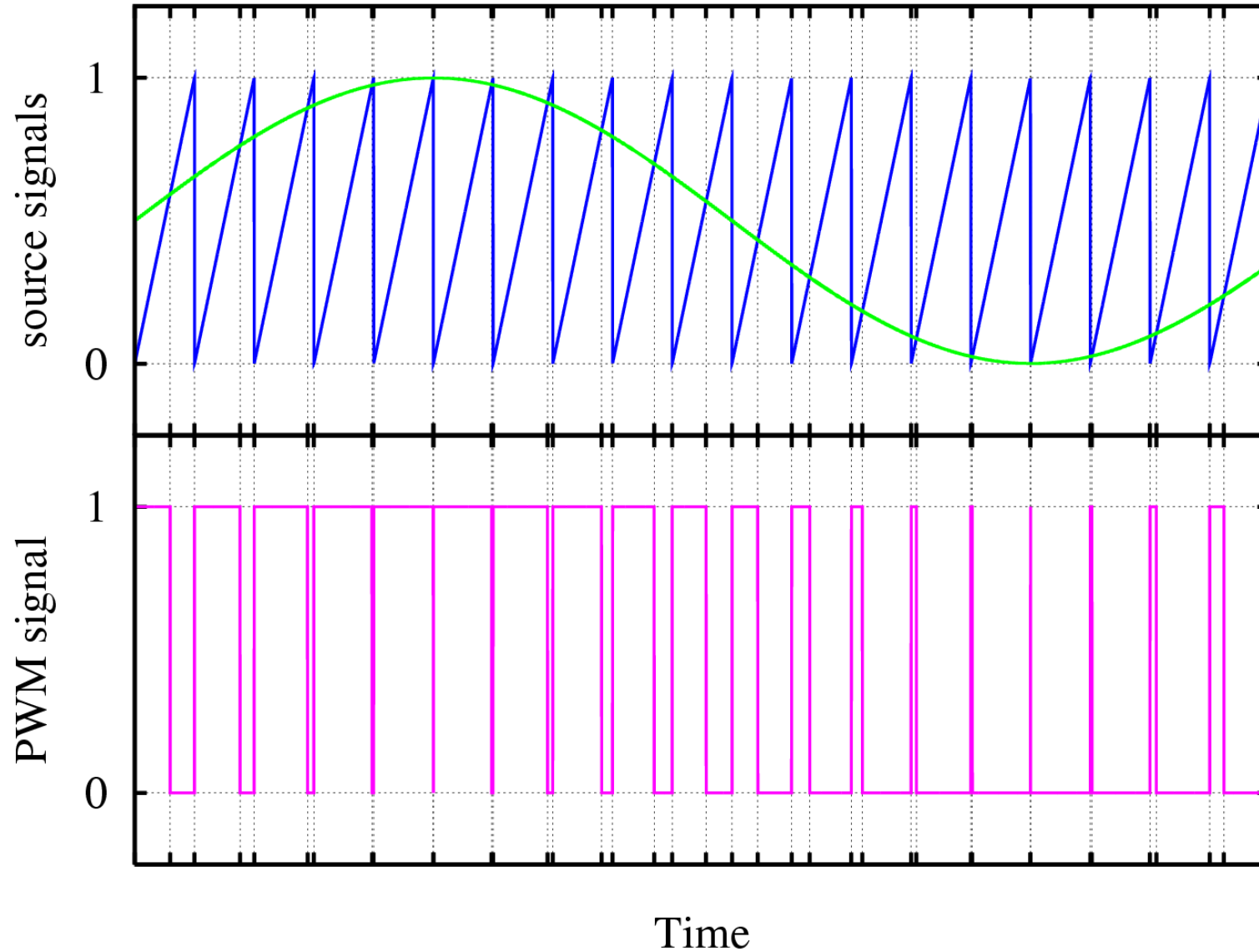


Διαμόρφωση παλμών

PAM
PWM(PDM)
PPM

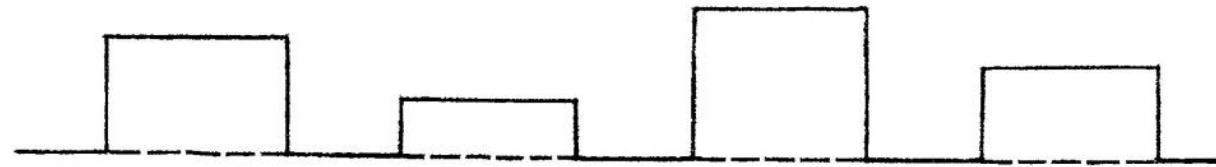


Διαδικασία Διαμόρφωσης παλμών κατά διάρκεια

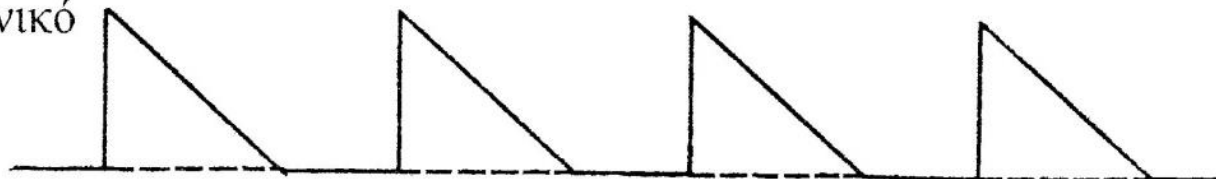


Μετατροπή PAM σε PWM (PDM) και PPM

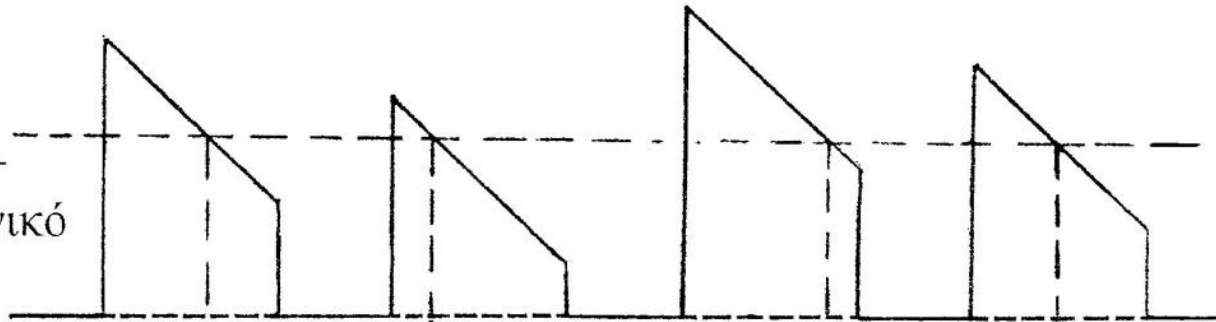
Σήμα
PAM



Τριγωνικό
Σήμα



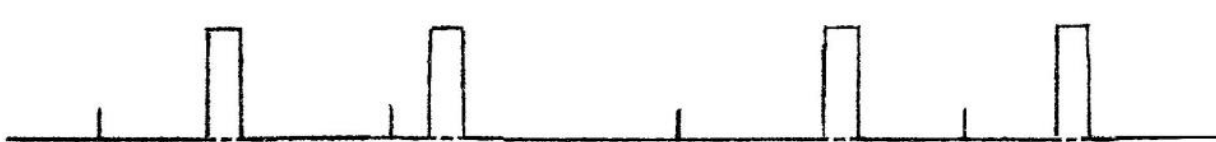
PAM +
Τριγωνικό
Σήμα



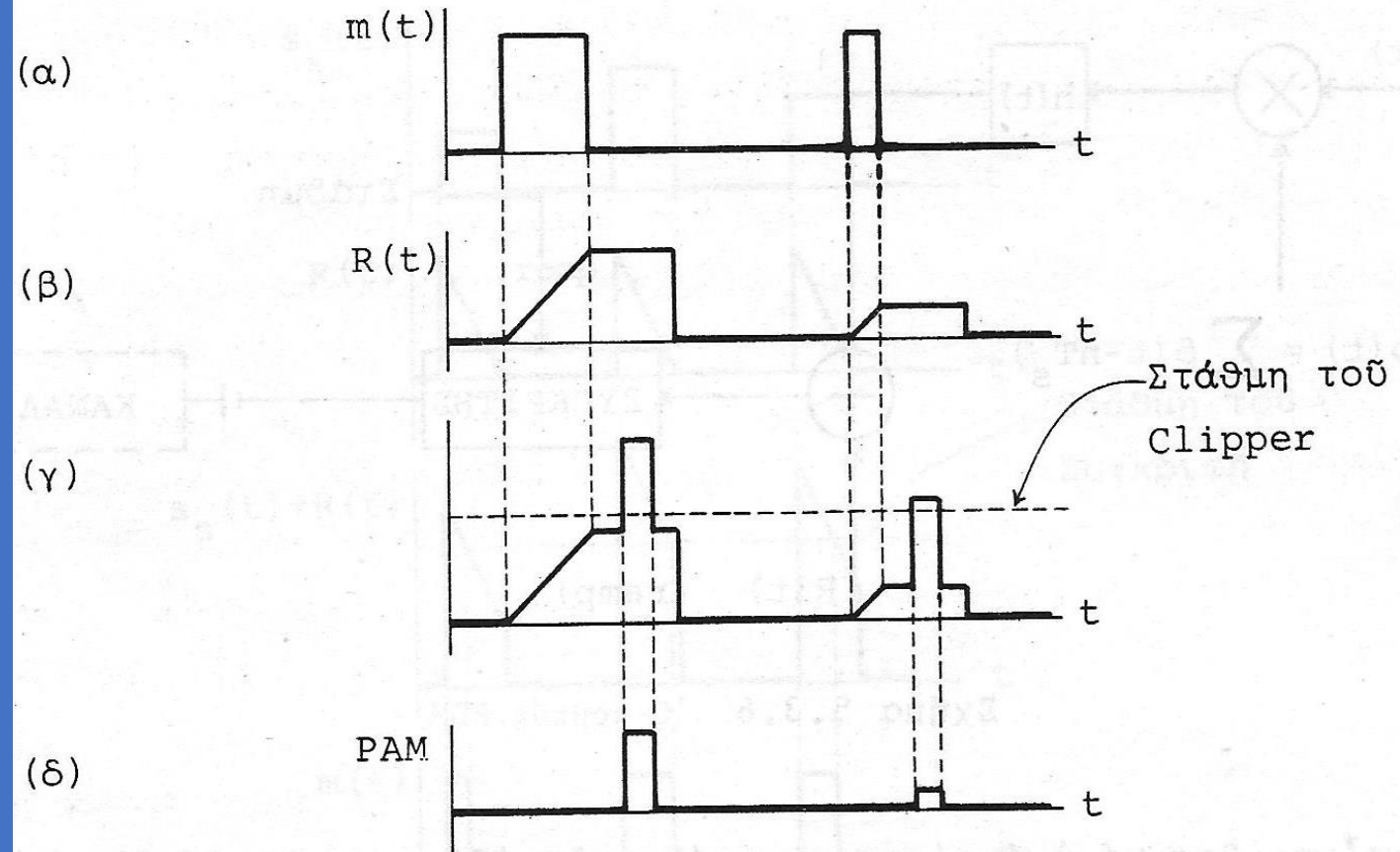
PWM
(PDM)



PPM



ΑΠΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ PDM (ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΣΕ PAM)



(α) Τό PDM $m(t)$

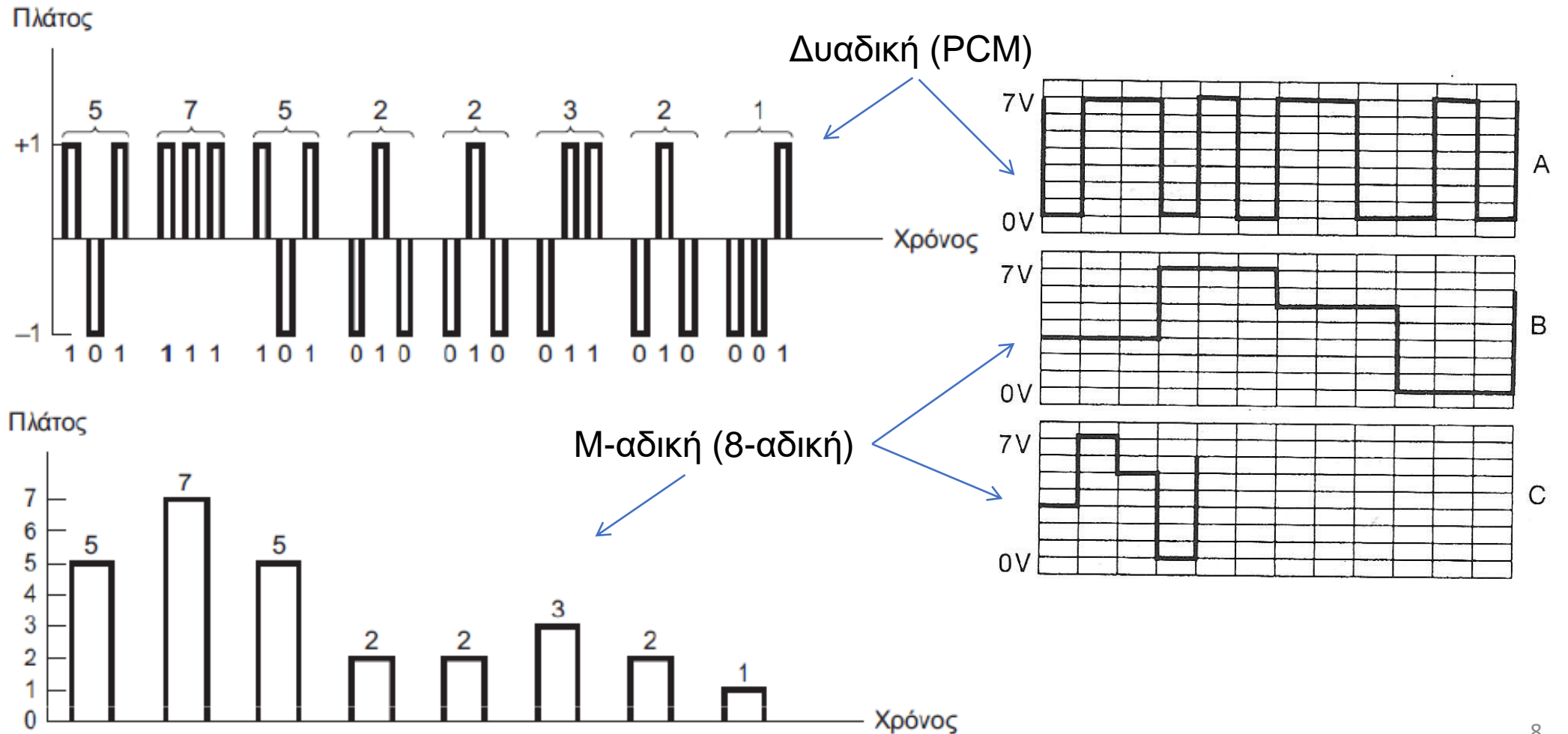
(β) Παραγωγή της ramp

(γ) "Αθροισμα του σήματος του (β)
μέ έναν περιοδικό παλμό

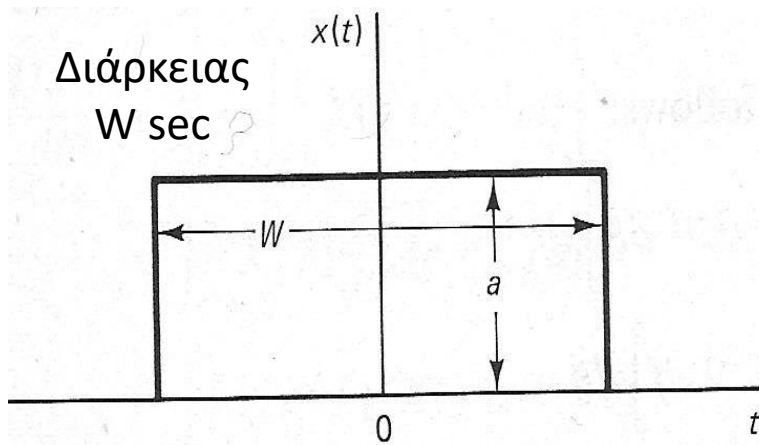
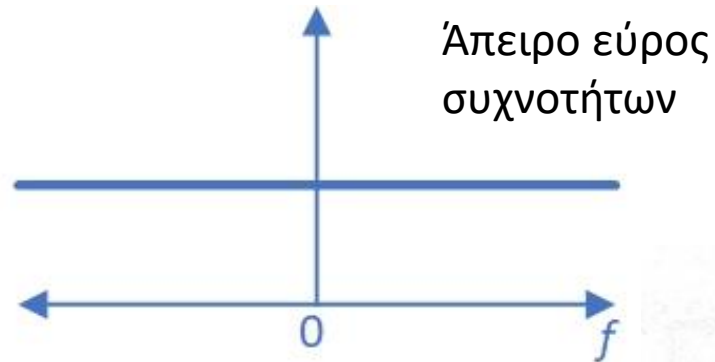
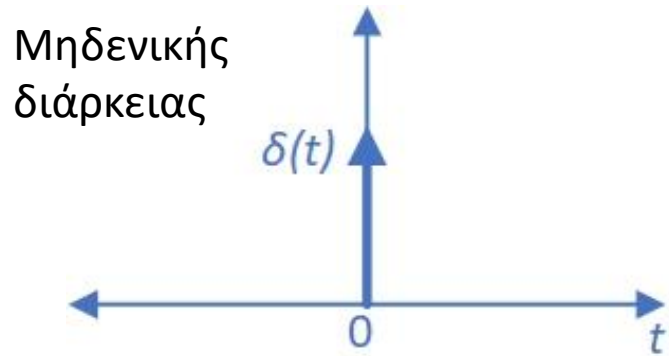
(δ) Τό σήμα PAM

Ψηφιακή Μετάδοση Βασικής Ζώνης

Δυαδική και Μ-αδική Διαμόρφωση Παλμών

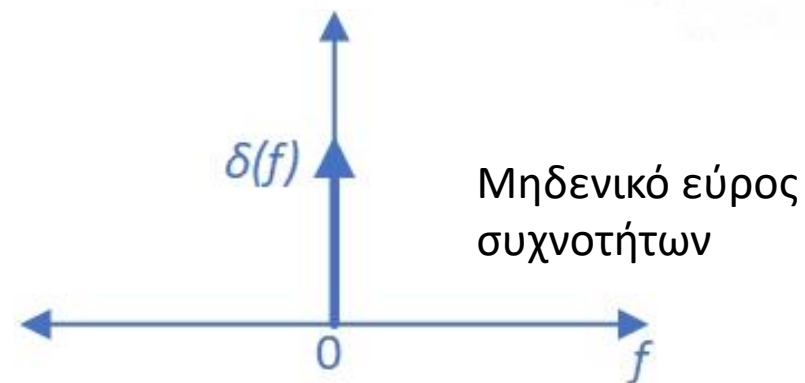
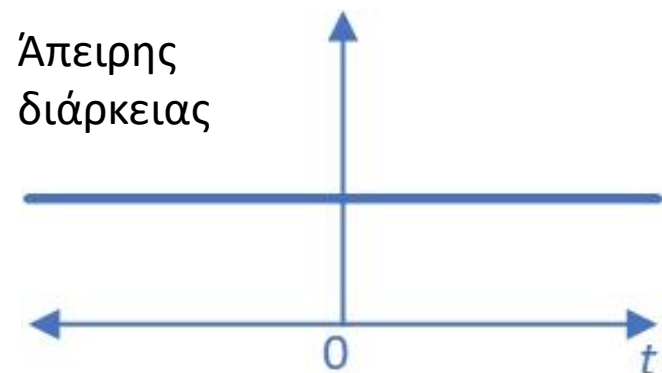
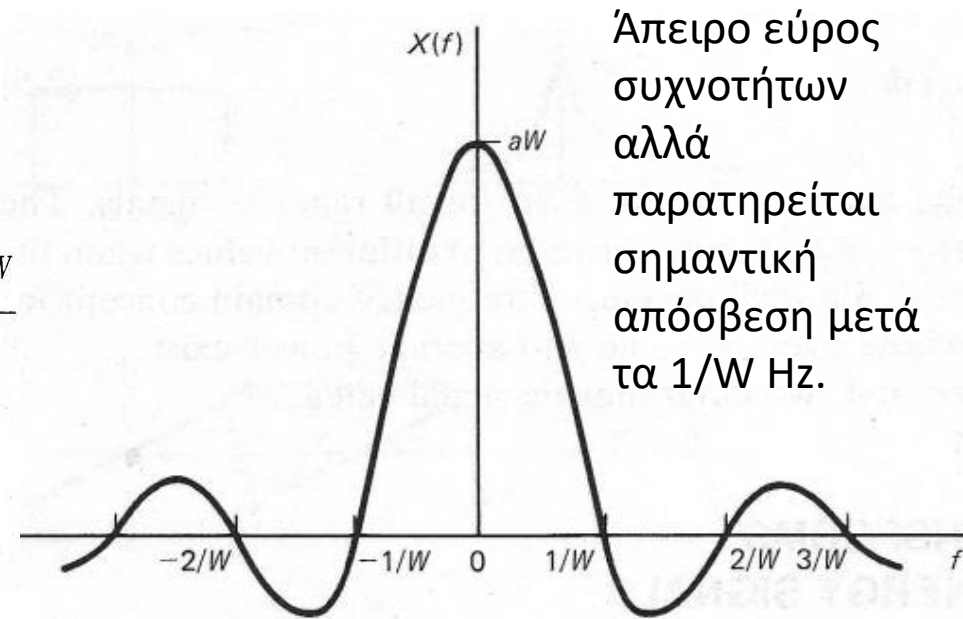


ΕΥΡΟΣ ΖΩΝΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ ΠΑΛΜΩΝ

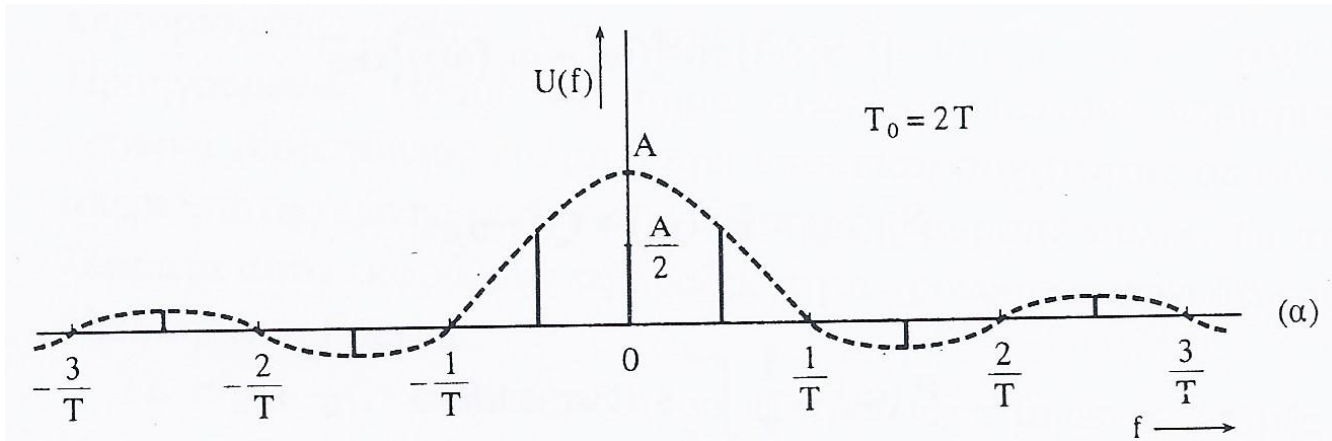
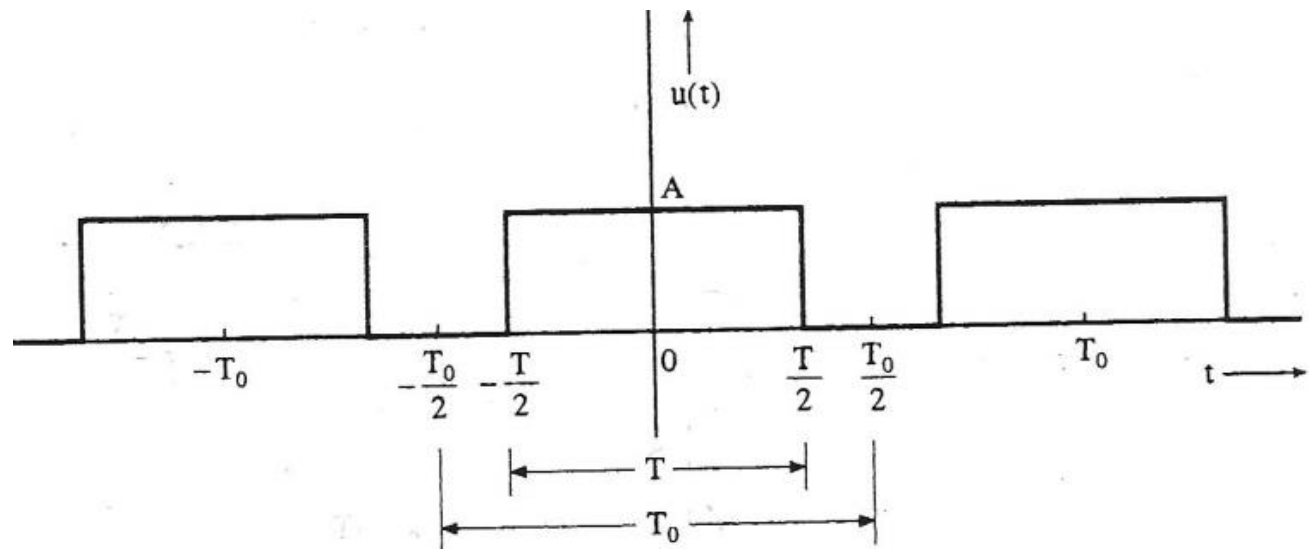


$$X(f) = a \int_{-W/2}^{W/2} e^{-j2\pi ft} dt = a \frac{e^{j\pi fW} - e^{-j\pi fW}}{j\pi fW}$$

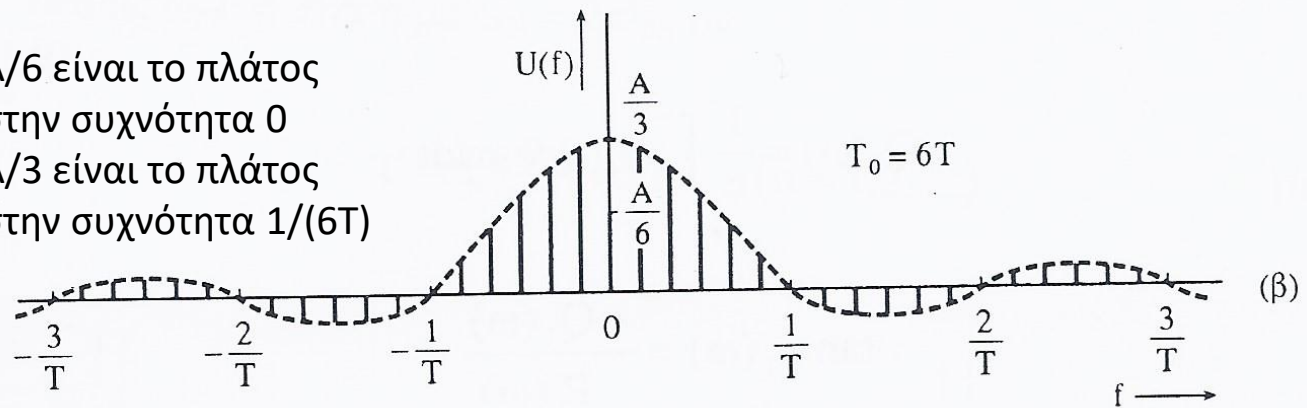
$$= aW \frac{\sin \pi fW}{\pi fW} = aW \operatorname{sinc} fW$$



Εύρος ζώνης
 συχνοτήτων
 ακολουθίας
 ορθογωνίων
 παλμών



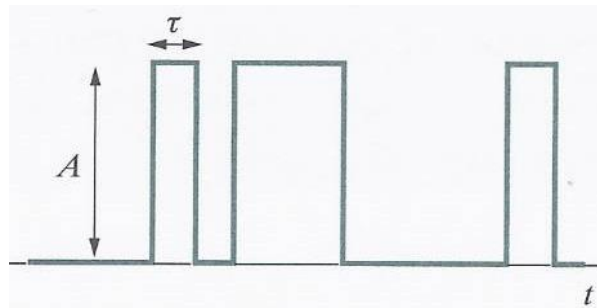
$A/6$ είναι το πλάτος
 στην συχνότητα 0
 $A/3$ είναι το πλάτος
 στην συχνότητα $1/(6T)$



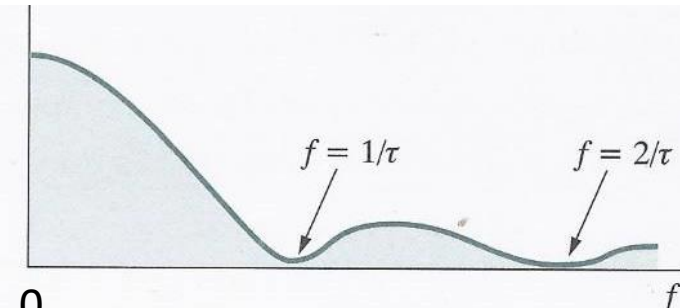
Παραμόρφωση ορθογωνίων παλμών λόγω περιορισμένης ζώνης μετάδοσης στο κανάλι (Μετάδοση Βασικής Ζώνης)

- Για την μετάδοση ακολουθίας ορθογωνίων παλμών απαιτείται άπειρο εύρος ζώνης μετάδοσης.
- Ο περιορισμός της ζώνης μετάδοσης προκαλεί παραμόρφωση των παλμών.
- Το ερώτημα είναι μέχρι ποιο σημείο μπορούμε να περιορίσουμε το φάσμα του μεταδιδόμενου σήματος χωρίς η παραμόρφωση να προκαλέσει ανεπίτρεπτο ποσοστό σφάλματος στην αναγνώριση των παλμών (BER), στον δέκτη.
- **Διαδικότητα χρόνου – συχνότητας:** Στο πεδίο του χρόνου, σε κανάλι περιορισμένου εύρους ζώνης όταν η είσοδος έχει άπειρο πλάτος και μηδενική διάρκεια (συνάρτηση $\delta(t)$), η έξοδος είναι της μορφής sinc ($= \sin x/x$). **Η έξοδος στο πεδίο του χρόνου.**
Στο πεδίο της συχνότητας, σε κανάλι απείρου εύρους ζώνης όταν η είσοδος είναι περιορισμένου πλάτους και σταθερής χρονικής διάρκειας (ορθογώνιος παλμός), η έξοδος είναι πάλι της μορφής sinc. **Η έξοδος στο πεδίο της συχνότητας.**

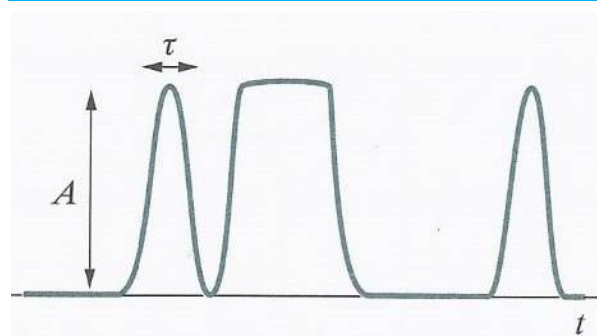
Παράδειγμα
παραμόρφωσης
παλμών
λόγω
περιορισμένου
εύρους ζώνης



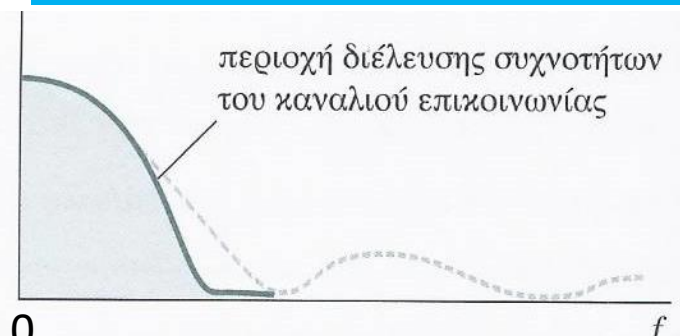
Μετάδοση ορθογωνίων παλμών



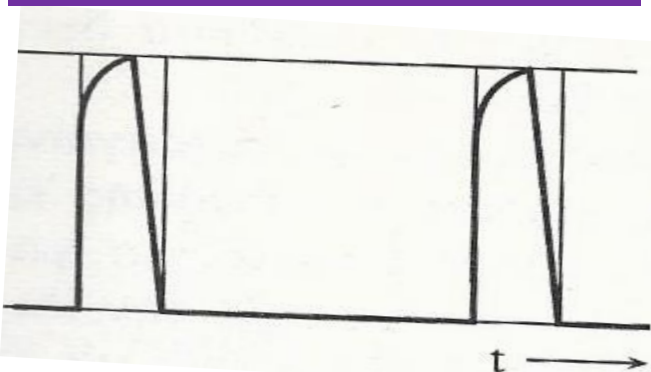
Άπειρο εύρος ζώνης



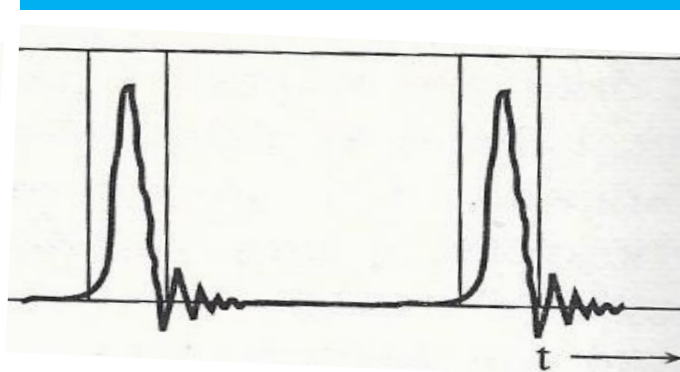
Λήψη παλμών στον δέκτη



Περιορισμένο εύρος ζώνης



Λήψη παλμών στον δέκτη



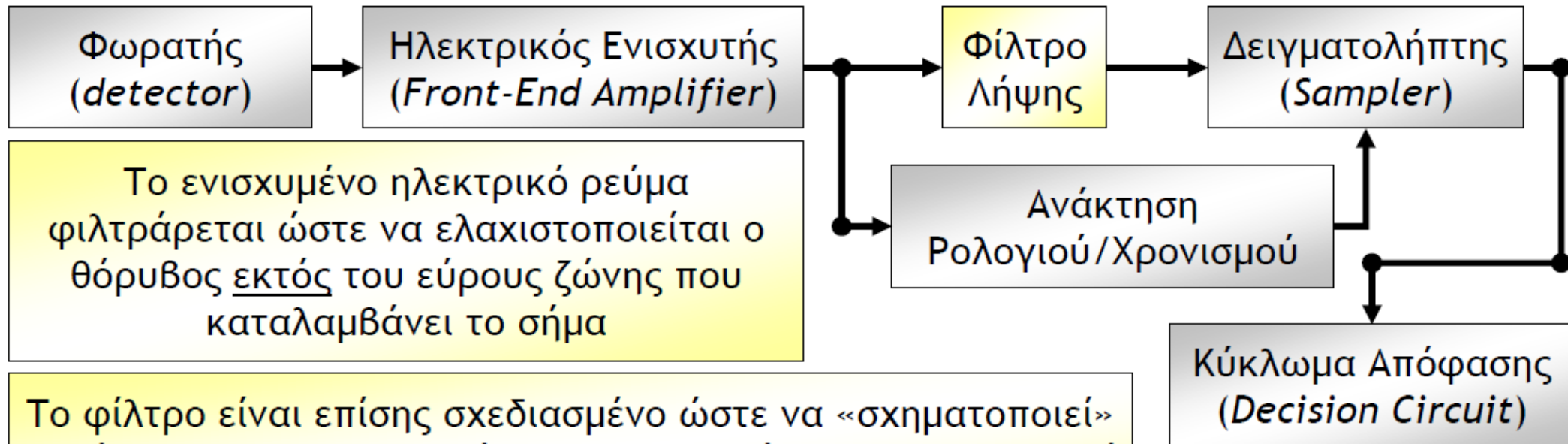
Λήψη παλμών στον δέκτη

ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟΝ ΔΕΚΤΗ

- ▶ Στο δέκτη, τα δεδομένα που έλαβε πρέπει να ανακτηθούν με ένα αποδεκτό BER (π.χ. 10^{-12} αντιστοιχεί σε ένα επιτρεπόμενο λανθασμένο bit για κάθε ένα τρισεκατομμύριο bits δεδομένων)
- ▶ Η ανάκτηση των δεδομένων που μεταδόθηκαν περιλαμβάνει ένα πλήθος βημάτων. Χοντρικά, αυτά είναι:
 - ▶ Το ηλεκτρικό σήμα λήψης είναι συνήθως αρκετά ασθενές και έτσι ενισχύεται από ένα ηλεκτρικό ενισχυτή
 - ▶ Ακολουθεί φιλτράρισμα του ηλεκτρικού σήματος για να μειωθεί ο θόρυβος (θα παραμείνει αυτός που βρίσκεται στην ίδια φασματική περιοχή με το σήμα)
 - ▶ Απαιτείται να γίνει ανάκτηση ρολογιού (*Clock Recovery*) ή ανάκτηση χρονισμού (*Timing Recovery*), ώστε να γίνει την κατάλληλη χρονική στιγμή η δειγματοληψία
 - ▶ Στο τέλος, βρίσκεται το κύκλωμα απόφασης και καθορίζεται αν μεταδόθηκε “0” ή “1”

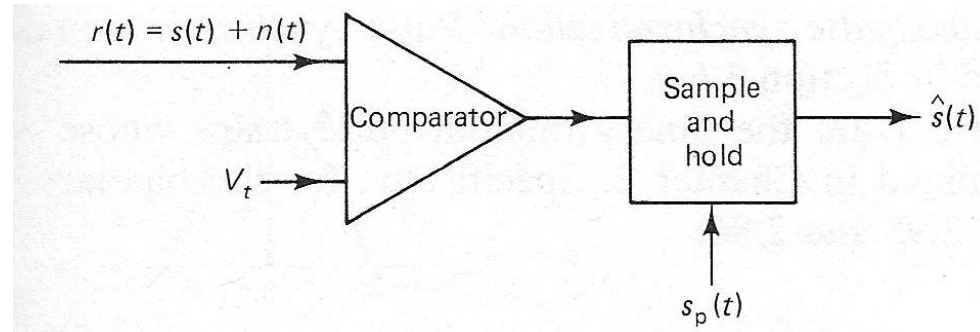
ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟΝ ΔΕΚΤΗ (συνέχεια 1)

- Μπλοκ διάγραμμα με τις διάφορες λειτουργίες που περιλαμβάνονται σε ένα δέκτη

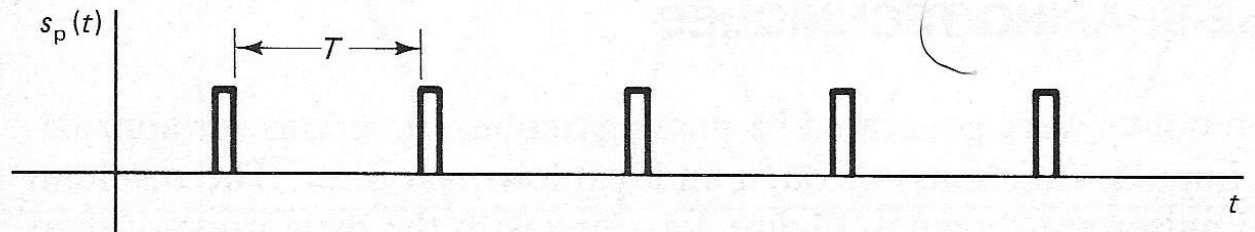
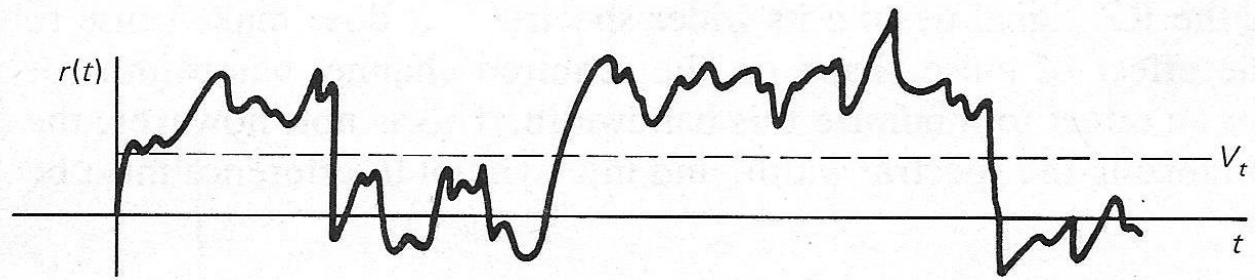


Το φίλτρο μπορεί να ενσωματώνει πρόσθετη λειτουργικότητα, όπως η ελαχιστοποίηση της αλληλοπαρεμβολής συμβόλων (*Inter-Symbol Interference - ISI*) εξαιτίας της διεύρυνσης των παλμών. Ένα τέτοιο φίλτρο καλείται εξισωτής (*equalizer*). Το φίλτρο, δηλαδή, εξισώνει ή όμοια ακυρώνει την παραποίηση που έχει υποστεί το σήμα

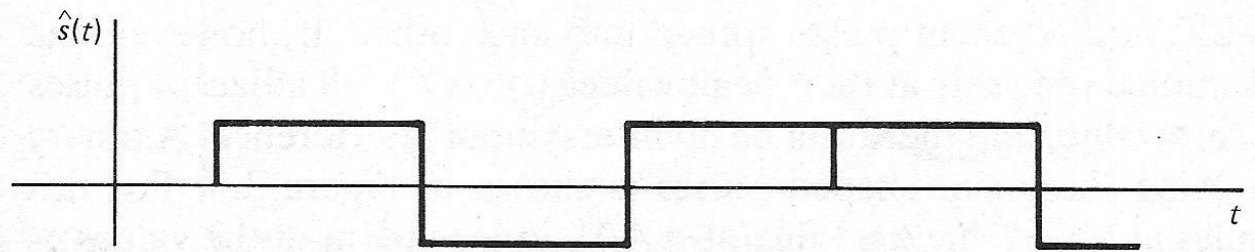
ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΟ ΔΕΚΤΗ (binary) (συνέχεια 2)



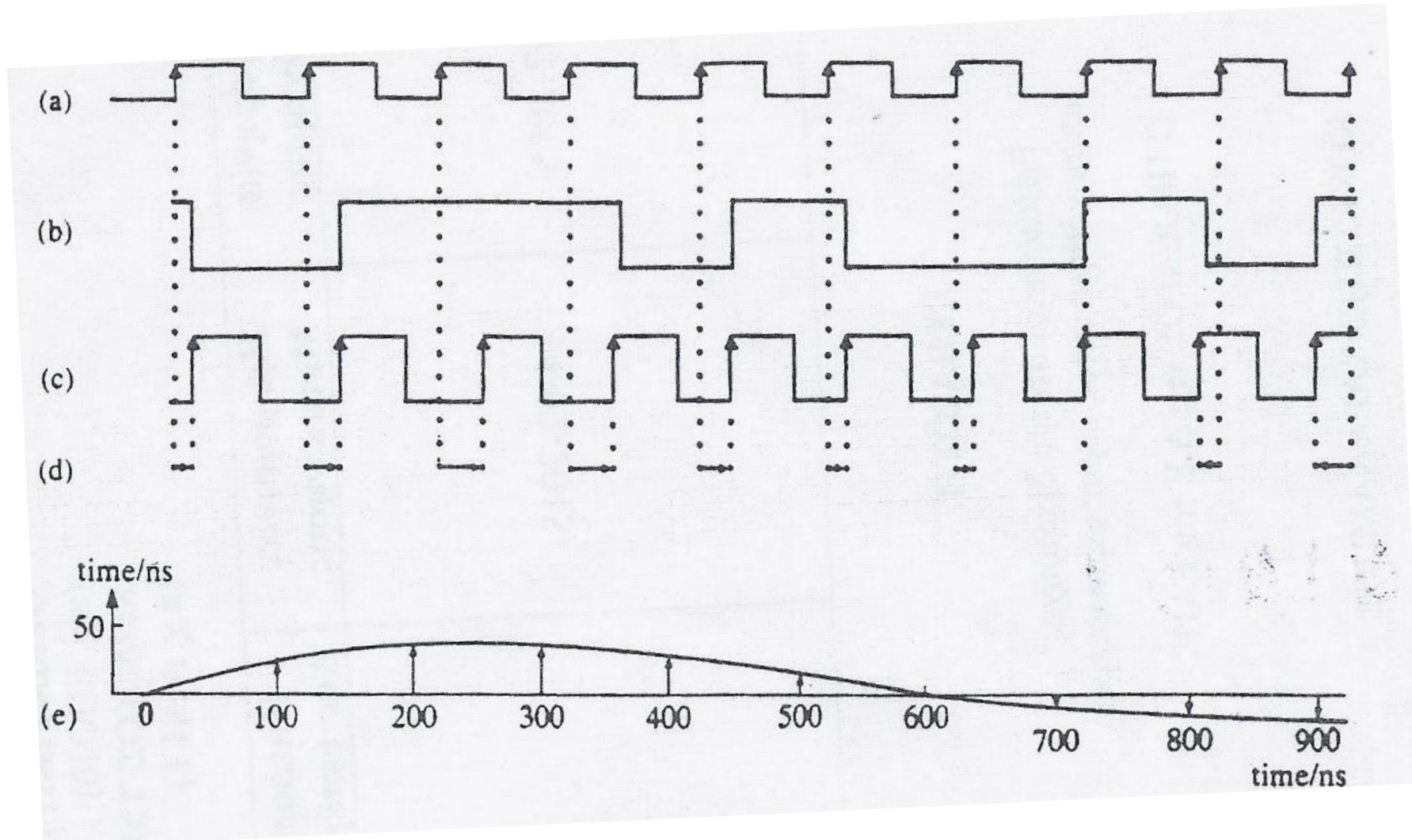
Είσοδος
στον
Ψηφιακό
Δέκτη



Έξοδος
του
Ψηφιακού
Δέκτη



Jitter (τρέμουλο – διαφορά μικροκαθυστερήσεων)

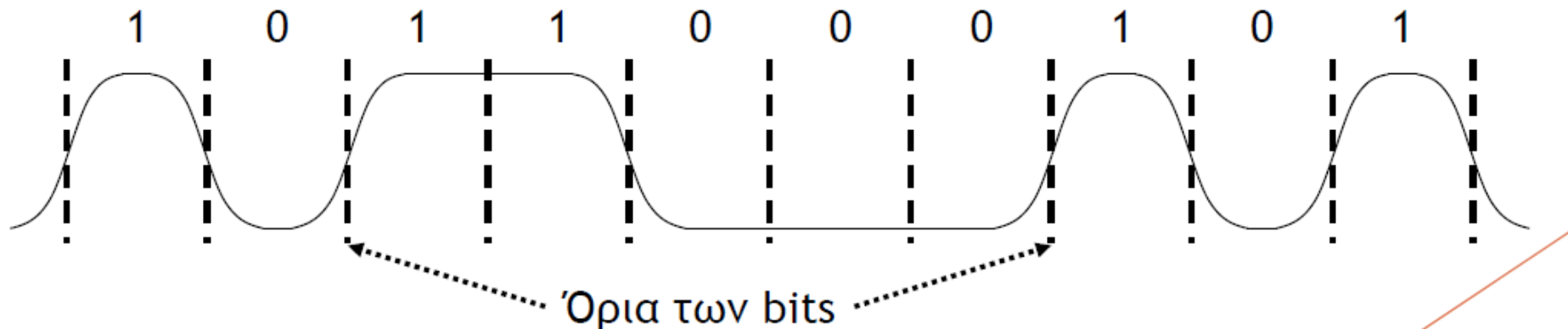


Positive peak of jitter = ~ 40 ns και συνέβη 200–300 ns Clock period = 100 ns
Positive peak of jitter = $40 / 100 = 0.4$ Unit Intervals

Η ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ “EYE DIAGRAM”

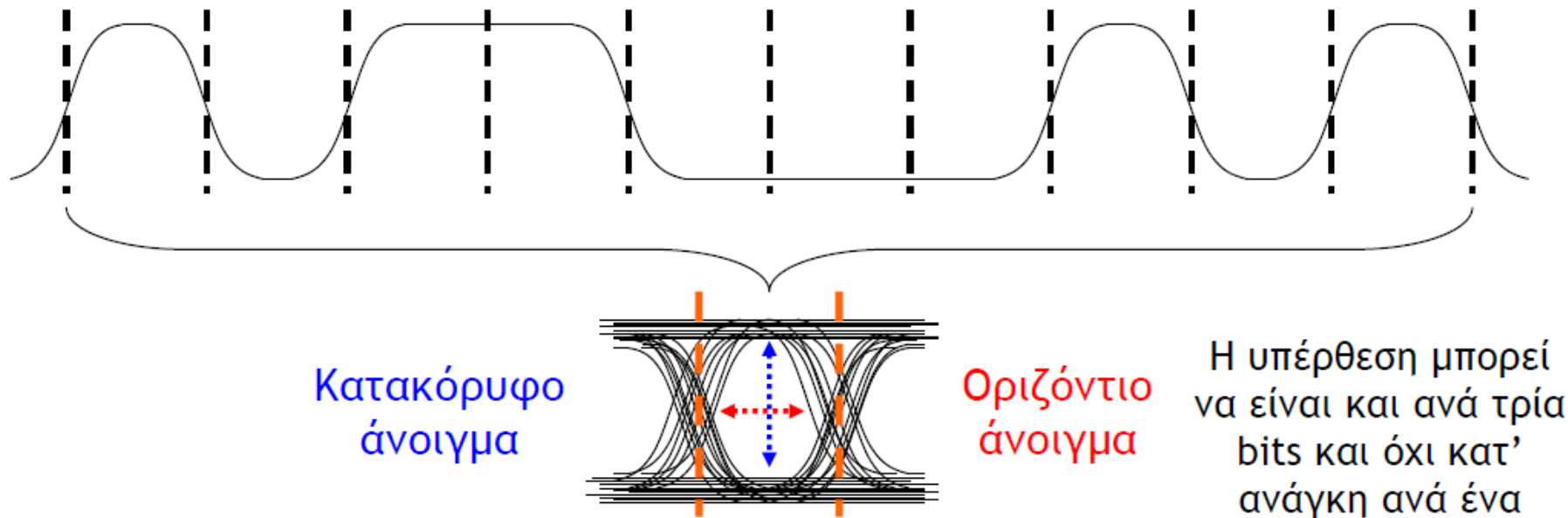
- ▶ Μία ευρέως χρησιμοποιούμενη πειραματική τεχνική για τον καθορισμό της ποιότητας του λαμβανόμενου σήματος είναι το διάγραμμα οφθαλμού (*eye diagram*)
 - ▶ Το όνομα οφείλεται στην ομοιότητα με το ανθρώπινο μάτι
- ▶ Ένα διάγραμμα οφθαλμού μπορεί εύκολα να παραχθεί πειραματικά χρησιμοποιώντας ένα παλμογράφο για την απεικόνιση του λαμβανόμενου σήματος δεδομένου ότι έχει επιτευχθεί ο κατάλληλος συγχρονισμός στο δέκτη

Έστω κυματομορφή ενός λαμβανόμενου σήματος στο ηλεκτρικό επίπεδο με χρήση NRZ διαμόρφωσης, αφού έχει φιλτραριστεί από ένα (ηλεκτρικό) φίλτρο στο δέκτη και πρόκειται να δειγματοληπτηθεί



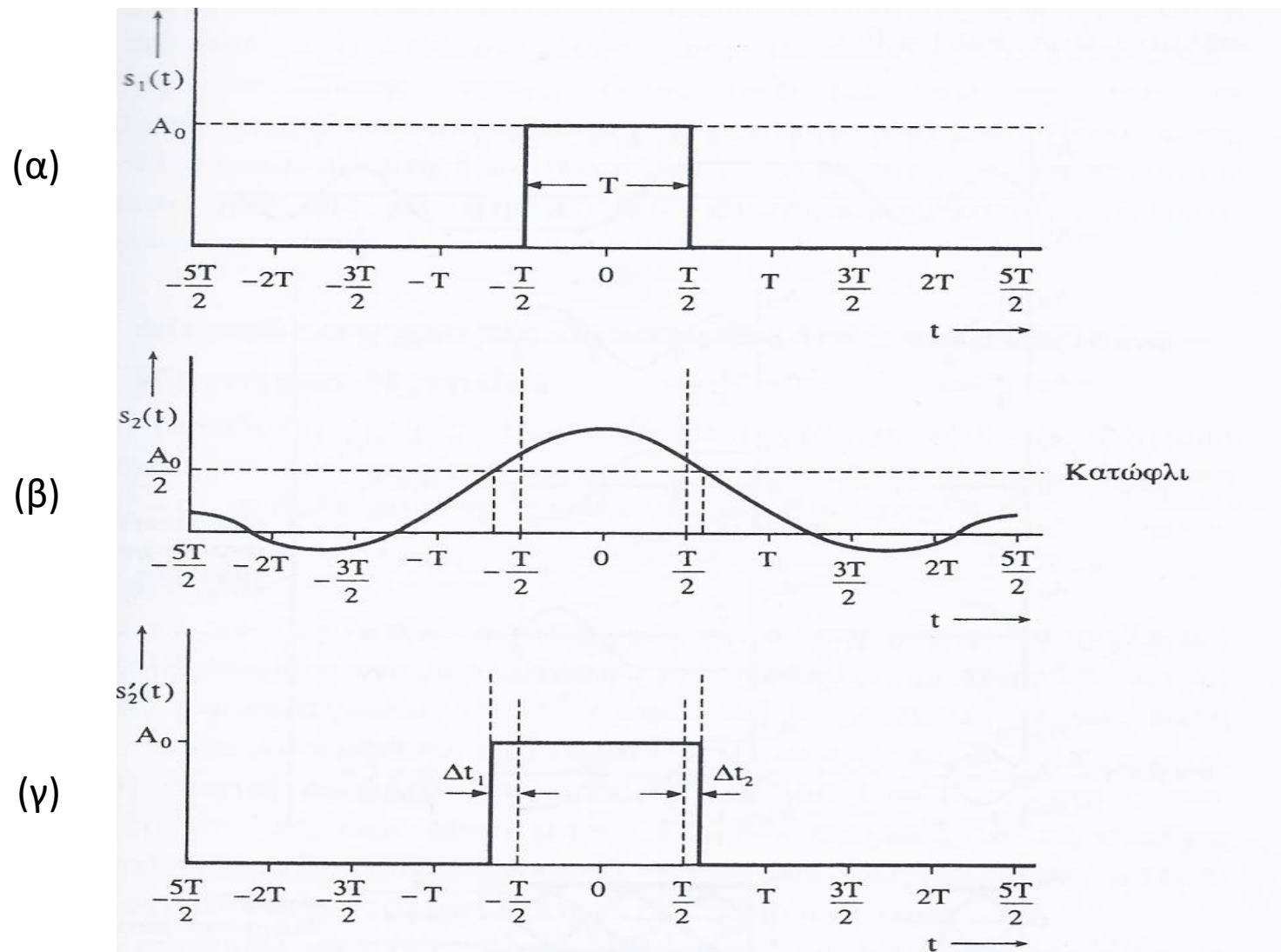
Η ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ “EYE DIAGRAM” (συνέχεια)

Αν η κυματομορφή «κοπεί» στα όρια των bits και τα τμήματα που παράγονται υπερτίθενται (το ένα πάνω στο άλλο) προκύπτει το διάγραμμα



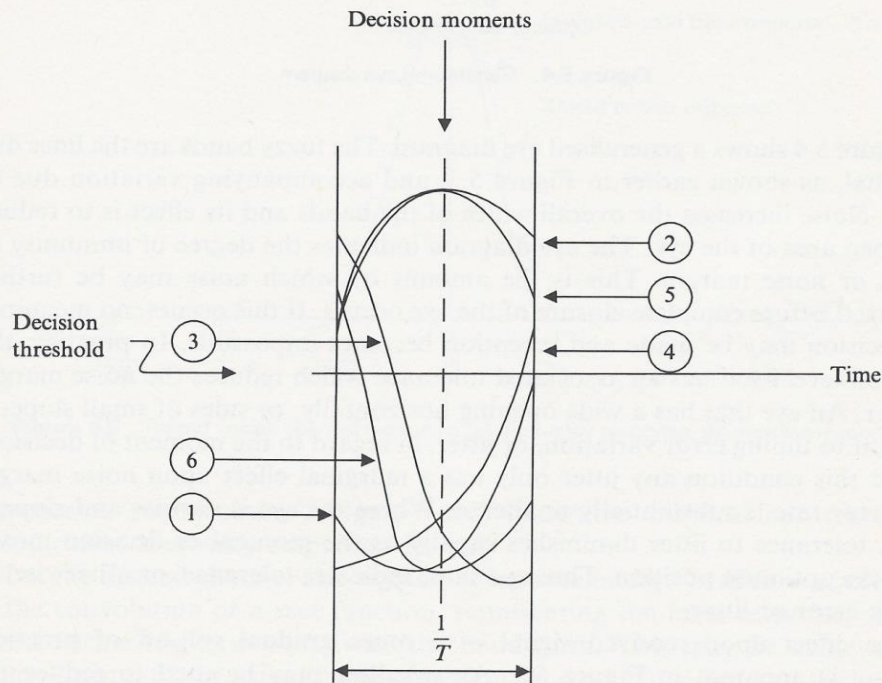
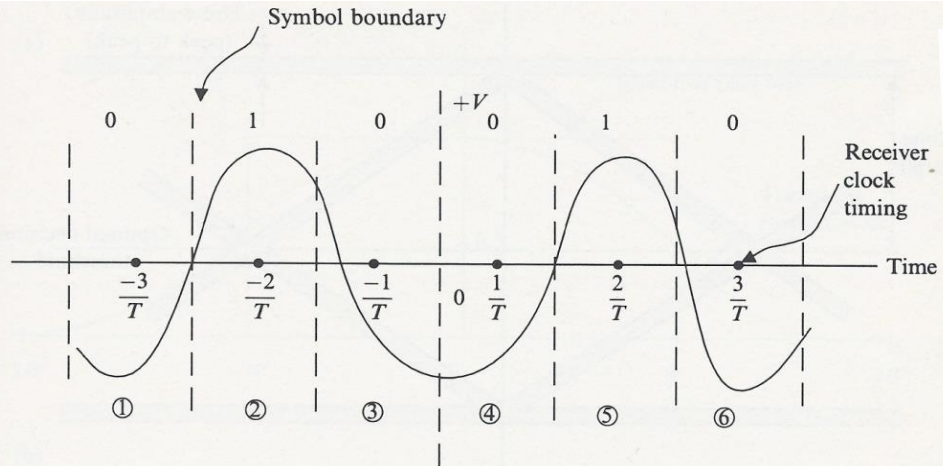
- ▶ Το **κατακόρυφο άνοιγμα** του οφθαλμού δείχνει
 - ▶ την επίδραση των διαφόρων συνιστωσών θορύβου κατά τη διάδοση και στο δέκτη
 - ▶ αλλά και τη σχέση άσου και μηδέν, δηλαδή του λόγου σβέσης, και την επίδραση των απωλειών στα δύο επίπεδα του σήματος
- ▶ Το **οριζόντιο άνοιγμα** του οφθαλμού δείχνει τι περιθώρια υπάρχουν σε σφάλματα χρονισμού εξαιτίας της ατελούς ανάκτησης ρολογιού, αλλά και πόσο έχουν «ανοίξει» οι παλμοί εξαιτίας της επίδρασης της χρωματικής διασποράς

Ανασύσταση ορθογωνίου παλμού - παραμόρφωση βήματος/διάρκειας

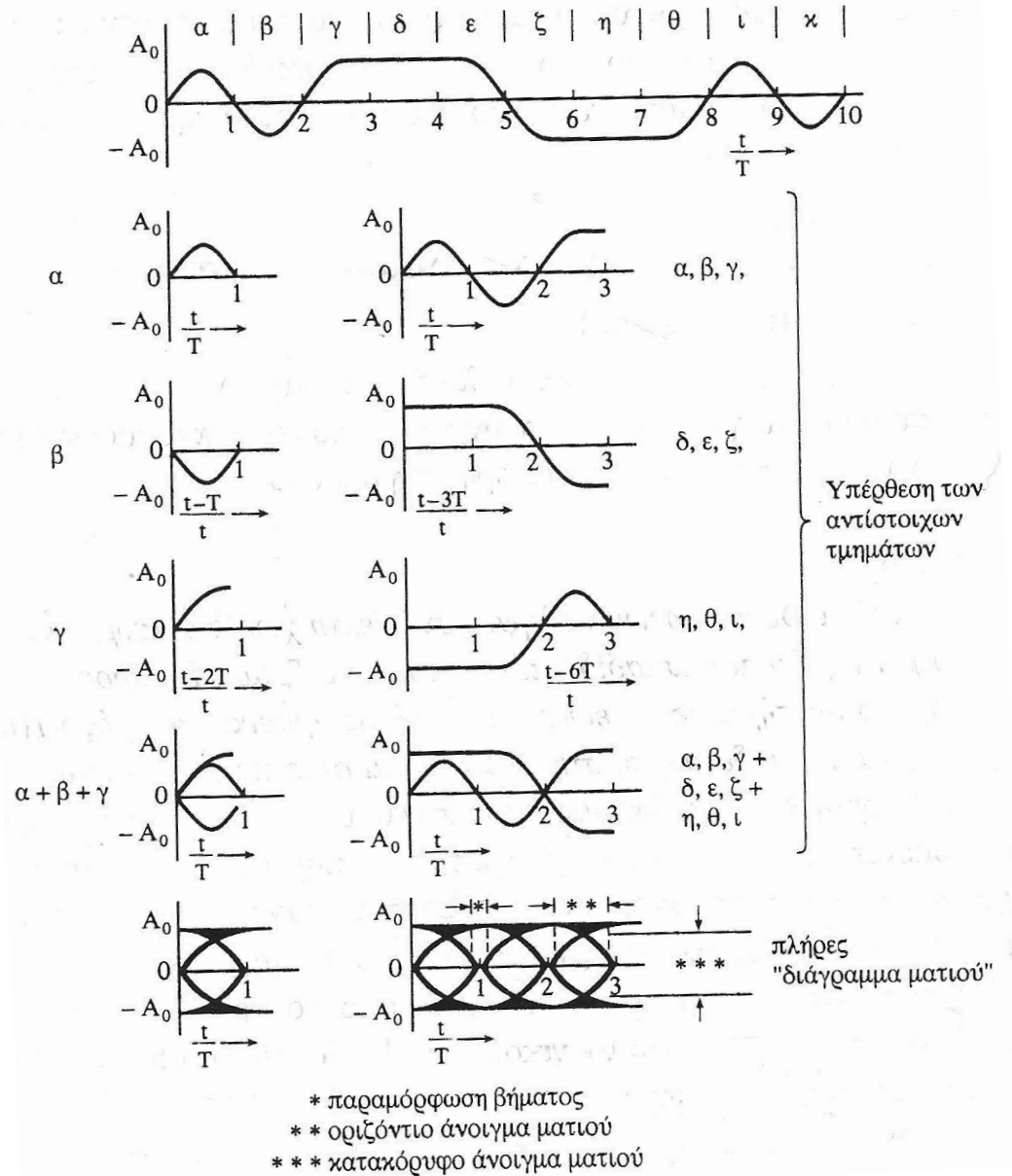


Ορθογώνιος παλμός εκπομπής (α), παραμορφωμένος παλμός λήψης (β) και ανασυσταμένος ορθογώνιος παλμός με παραμόρφωση βήματος (γ).

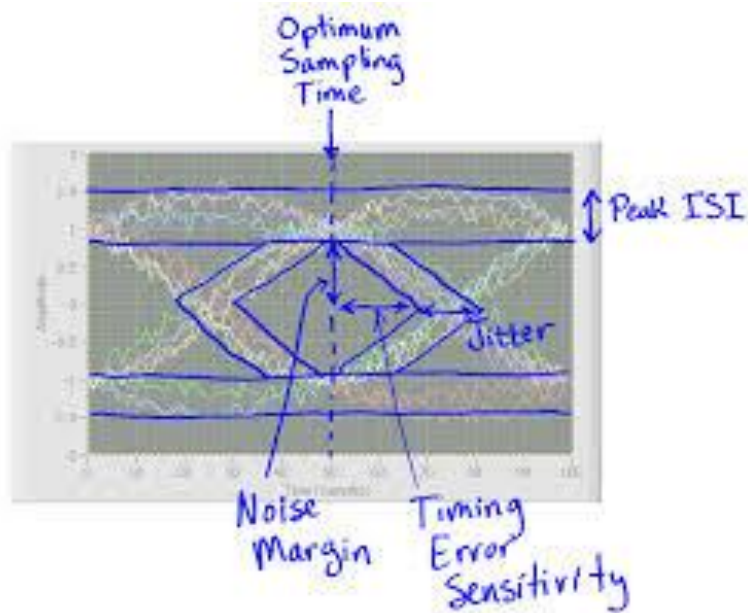
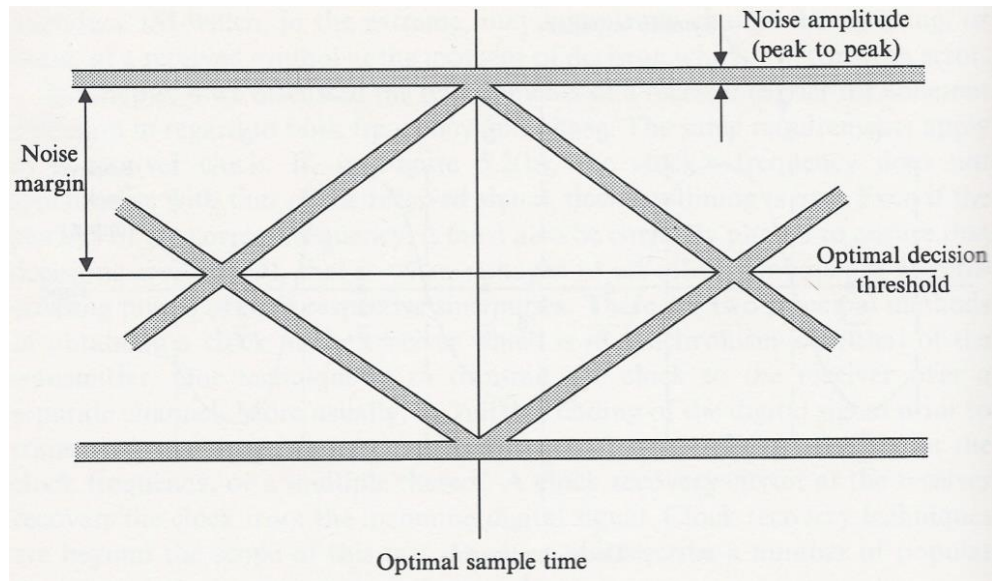
Διάγραμμα ματιού (Eye Diagram or Eye Pattern)



Eye diagram: (a) typical received digital signal; (b) eye diagram at receiver. Numbers in circles denote symbol numbers

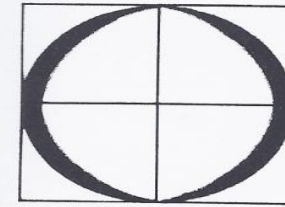


Eye Diagram or Eye Pattern



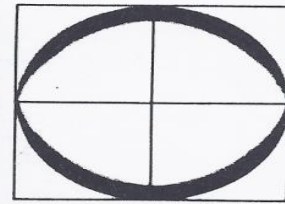
Περιπτώσεις διαγράμματος ματιού

Διάγραμμα ματιού:



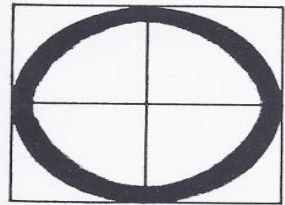
(α)

με παραμόρφωση βήματος, χωρίς παραμόρφωση πλάτους (α)



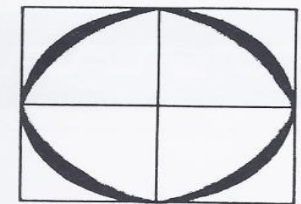
(β)

με παραμόρφωση πλάτους, χωρίς παραμόρφωση βήματος (β)



(γ)

με παραμόρφωση πλάτους και βήματος (γ)



(δ)

χωρίς παραμόρφωση πλάτους και βήματος (δ)

A «real» Eye Diagram (PSNC – Poznan Supercomputing & Networking Center)

