



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Συστήματα Επικοινωνιών

Ενότητα 8: Δειγματοληψία - Διαμόρφωση παλμών

Μιχαήλ Λογοθέτης

Πολυτεχνική Σχολή

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών
και Τεχνολογίας Υπολογιστών

Σκοποί ενότητας

- Περιγραφή της διαδικασίας δειγματοληψίας και παρουσίαση του θεωρήματος Nyquist
- Παρουσίαση μεθόδων ανάκτησης δειγματοληπτούμενου σήματος στο δέκτη
- Παρουσίαση της διαδικασίας κβάντισης στην έξοδο του δειγματολήπτη
- Παρουσίαση μεθόδων ομοιόμορφης και μη-ομοιόμορφης κβάντισης



Περιεχόμενα ενότητας

- ❑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ
- ❑ ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΟΥΜΕΝΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ
- ❑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΠΑΛΜΟΥ
- ❑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΕΠΙΠΕΔΗΣ ΚΟΡΥΦΗΣ
- ❑ ΚΒΑΝΤΙΣΗ
- ❑ ΘΟΡΥΒΟΣ ΚΒΑΝΤΙΣΗΣ
- ❑ ΜΗ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΚΒΑΝΤΙΣΗ



Περιεχόμενα ενότητας

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΟΥΜΕΝΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΠΑΛΜΟΥ

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΕΠΙΠΕΔΗΣ ΚΟΡΥΦΗΣ

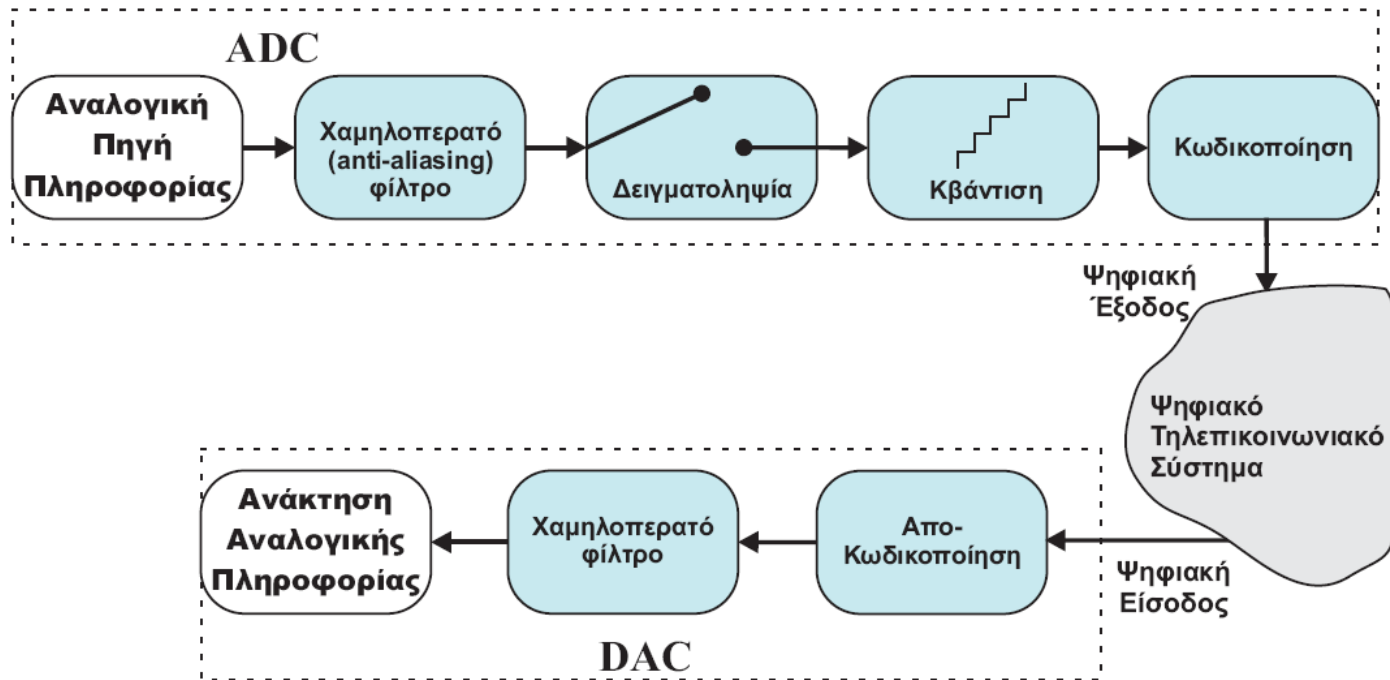
ΚΒΑΝΤΙΣΗ

ΘΟΡΥΒΟΣ ΚΒΑΝΤΙΣΗΣ

ΜΗ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΚΒΑΝΤΙΣΗ



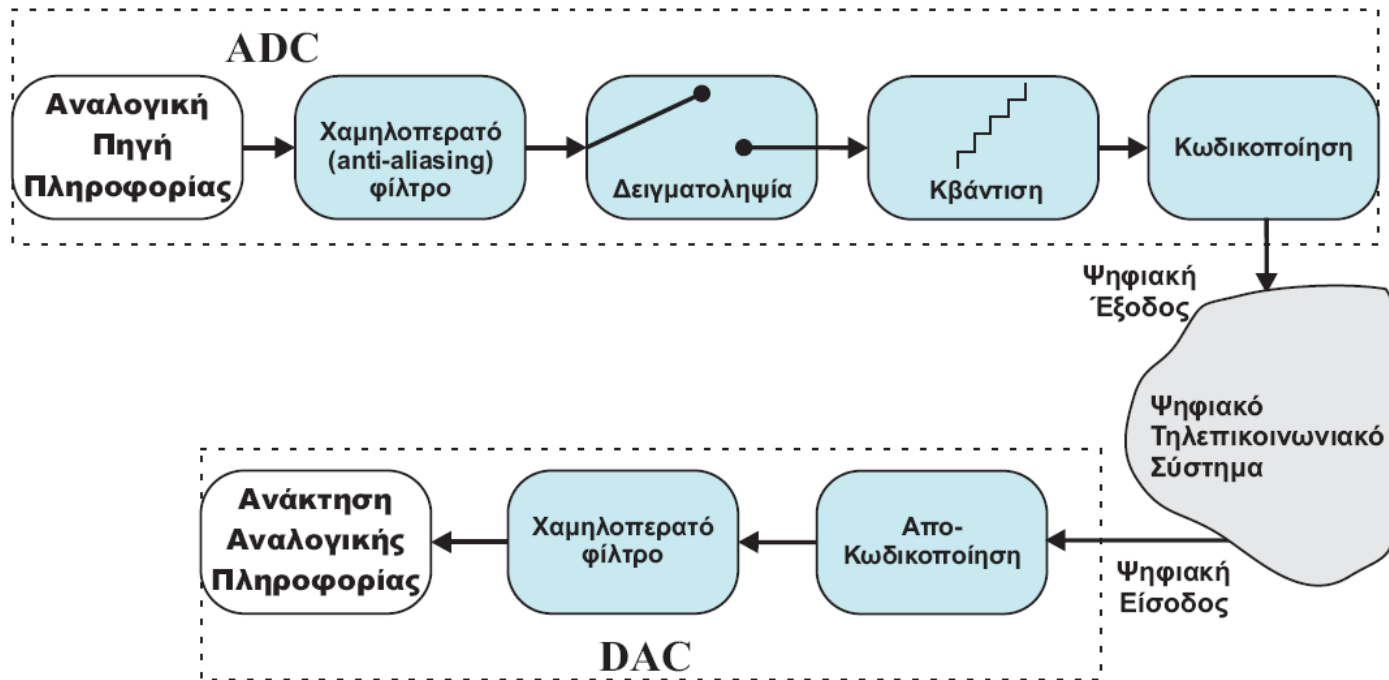
Σύστημα ADC και DAC (1/2)



- ✓ Το χαμηλοπερατό φίλτρο, γνωστό ως *anti-aliasing*, περιορίζει το φάσμα του αναλογικού σήματος, ώστε σε συνδυασμό με τη συχνότητα δειγματοληψίας να ικανοποιείται η συνθήκη Nyquist, η οποία παρουσιάζεται στη συνέχεια.
- ✓ Ο Δειγματολήπτης (*sampler*) μετατρέπει το αναλογικό σήμα συνεχούς χρόνου στο αντίστοιχο σήμα διακριτού χρόνου.



Σύστημα ADC και DAC (2/2)



- ✓ Ο Κβαντιστής (Quantizer), έχοντας ως είσοδο το διακριτό σήμα της εξόδου του δειγματολήπτη, προσεγγίζει τις διακριτές τιμές με συγκεκριμένα επίπεδα πλάτους.
- ✓ Ο Κωδικοποιητής (Coder) μετατρέπει την ακολουθία των επιπέδων πλάτους της εξόδου του κβαντιστή σε δυαδικές κωδικολέξεις (codewords).

Δειγματοληψία-Θεώρημα ή Συνθήκη Nyquist

Θεώρημα: Έστω σήμα βασικής ζώνης $m(t)$ με φάσμα $M(f)$ για το οποίο ισχύει:

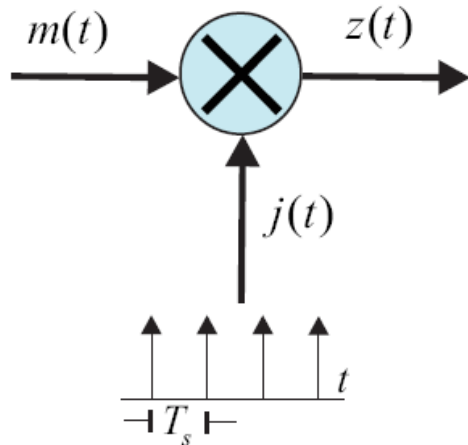
$$M(f) = 0, |f| > W.$$

Αν $m(kT_s)$ είναι τα δείγματα του σήματος βασικής ζώνης τα οποία λαμβάνονται με συχνότητα $f_s = 1/T_s$ (δηλαδή σε ισαπέχοντα διαστήματα T_s), τότε είναι δυνατή η ακριβής ανάκτηση του $m(t)$ από τα δείγματα $m(kT_s)$ αν ισχύει:

$$T_s = \frac{1}{f_s} \leq \frac{1}{2W}$$



Ιδανική Δειγματοληψία (Ideal Sampling)

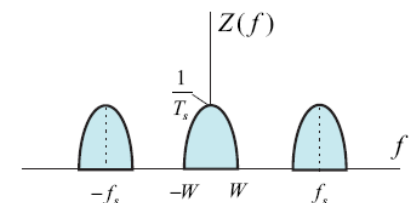
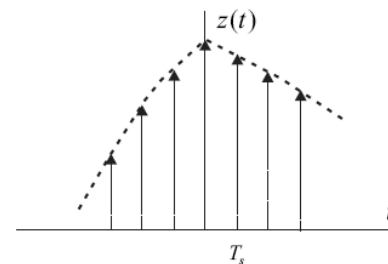
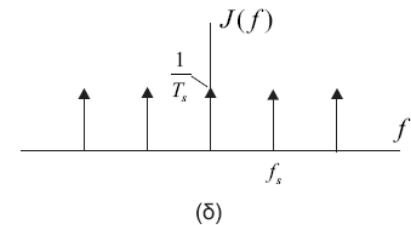
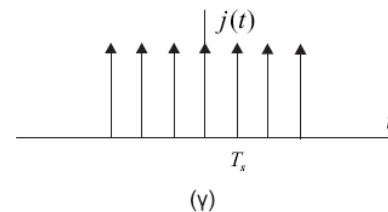
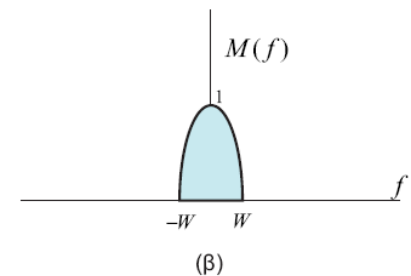
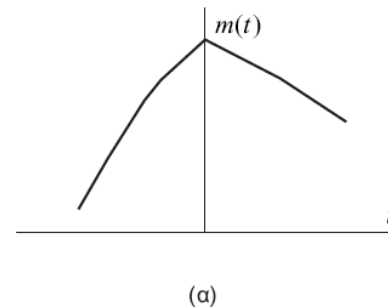


$$j(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \delta(t - kT_s)$$

$$\mathcal{F}[j(t)] = J(f) = \frac{1}{T_s} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \delta(f - \frac{k}{T_s})$$

$$z(t) = m(t) \left[\sum_{k=-\infty}^{\infty} \delta(t - kT_s) \right] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} m(kT_s) \delta(t - kT_s)$$

$$\begin{aligned} Z(f) &= M(f) * \frac{1}{T_s} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \delta(f - \frac{k}{T_s}) \\ &= \frac{1}{T_s} \sum_{k=-\infty}^{\infty} M(f - \frac{k}{T_s}) = \frac{1}{T_s} \sum_{k=-\infty}^{\infty} M(f - kf_s) \end{aligned}$$



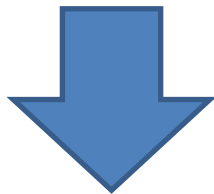
Ρυθμός Δειγματοληψίας (1/3)

Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψίας
Ρυθμός Nyquist

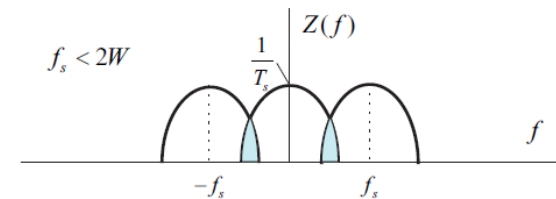
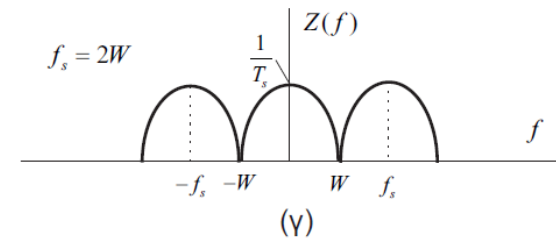
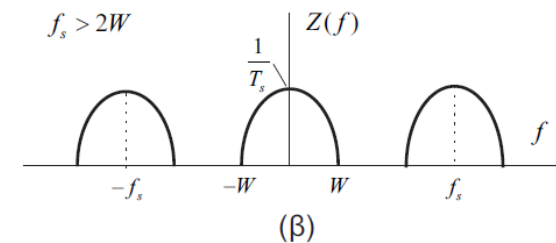
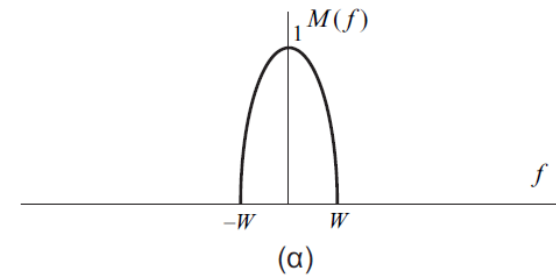


$$f_s = \frac{1}{T_s} = 2W,$$

Ανάκτηση στο δέκτη
με χαμηλοπερατό φίλτρο

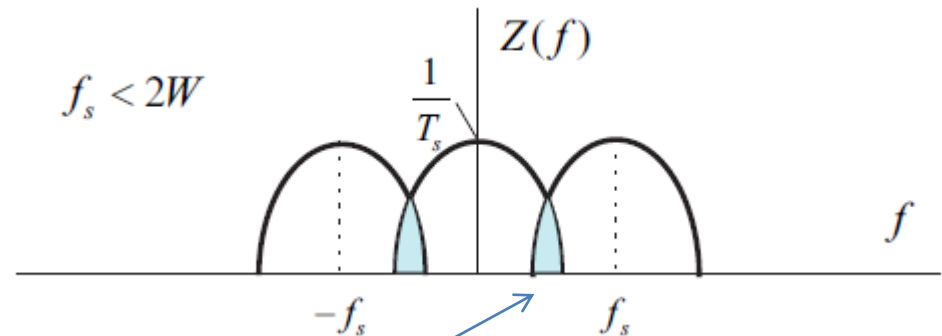
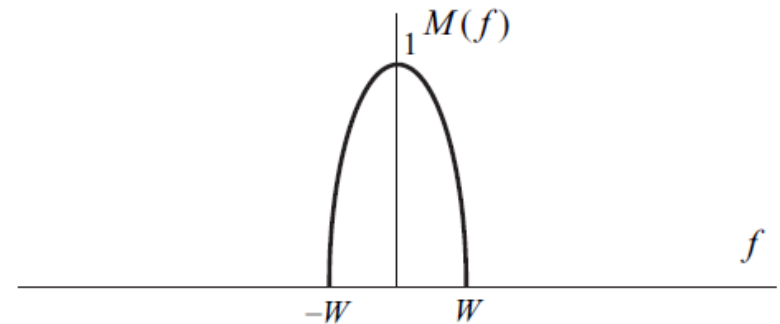


$$H(f) = \begin{cases} T_s, & f \in [-W, W] \\ 0, & \text{αλλού} \end{cases}$$



Ρυθμός Δειγματοληψίας (2/3)

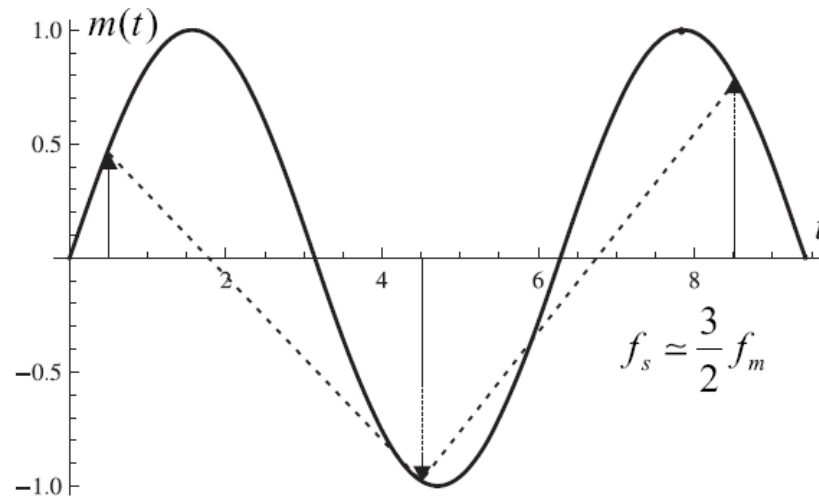
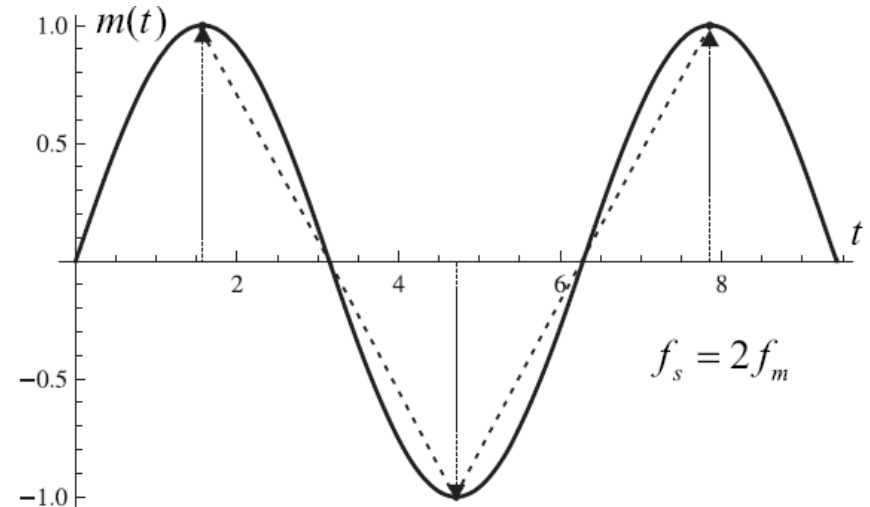
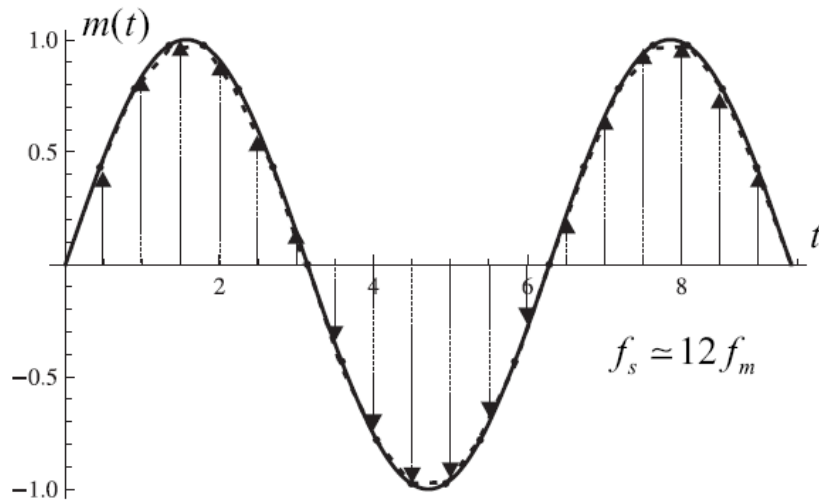
Το σήμα φιλτράρεται πριν την δειγματοληψία με ένα χαμηλοπερατό ή ζωνοπερατό φίλτρο (anti-aliasing), ώστε να ικανοποιείται η συνθήκη του Nyquist.



Aliasing



Ρυθμός Δειγματοληψίας (3/3)



Περιεχόμενα ενότητας

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΟΥΜΕΝΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΠΑΛΜΟΥ

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΕΠΙΠΕΔΗΣ ΚΟΡΥΦΗΣ

ΚΒΑΝΤΙΣΗ

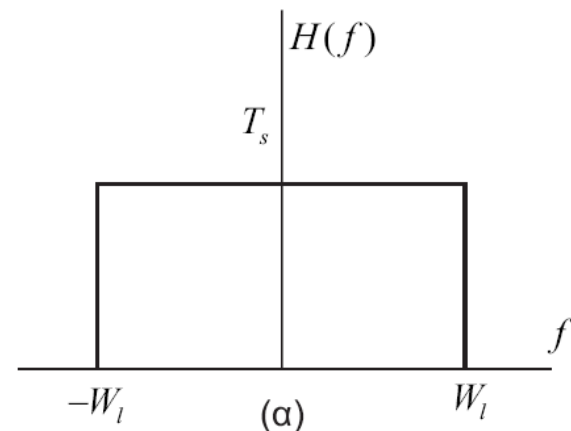
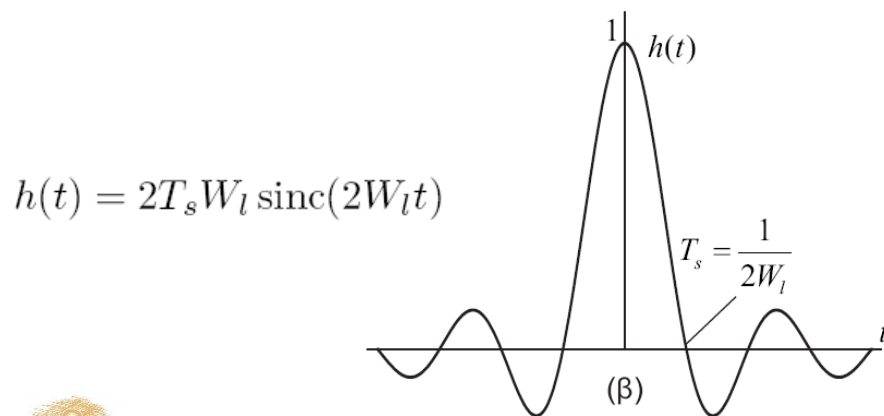
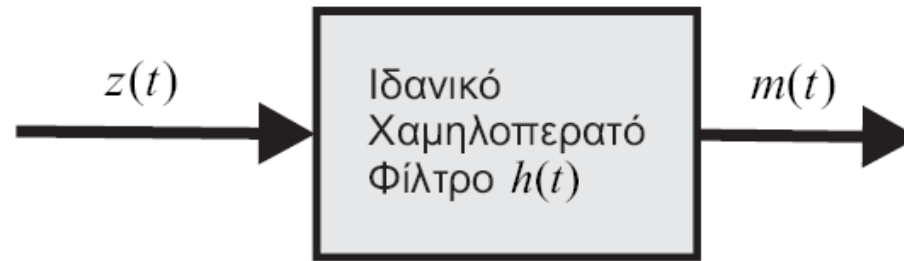
ΘΟΡΥΒΟΣ ΚΒΑΝΤΙΣΗΣ

ΜΗ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΚΒΑΝΤΙΣΗ

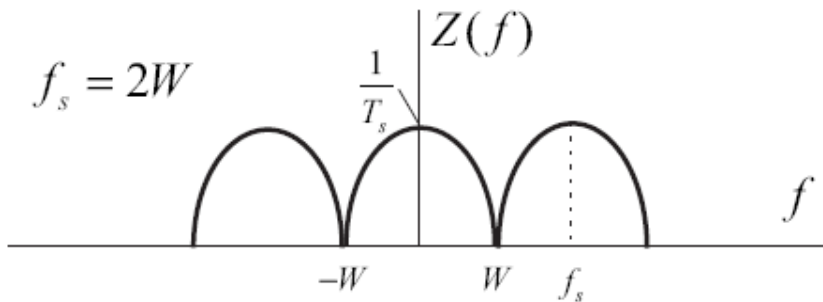
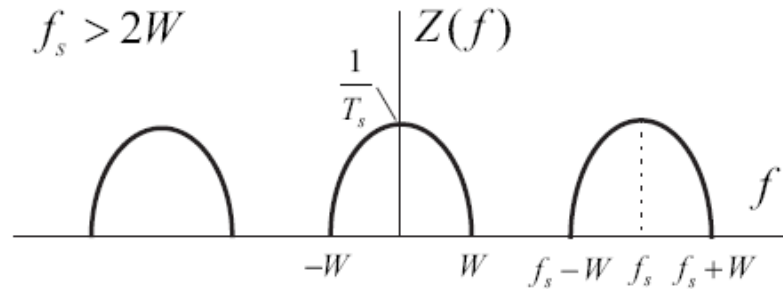


Ανάκτηση δειγματοληπτημένου σήματος στο δέκτη

Το αναλογικό σήμα πληροφορίας $x(t)$ μπορεί να ανακτηθεί μέσω των δειγμάτων του, αν χρησιμοποιηθεί στον DAC ιδανικό χαμηλοπερατό φίλτρο εύρους ζώνης W , και η συχνότητα δειγματοληψίας του είναι $f_s \geq 2W$. Να περιγράψετε την διαδικασία ανάκτησης στο πεδίο της συχνότητας και του χρόνου.



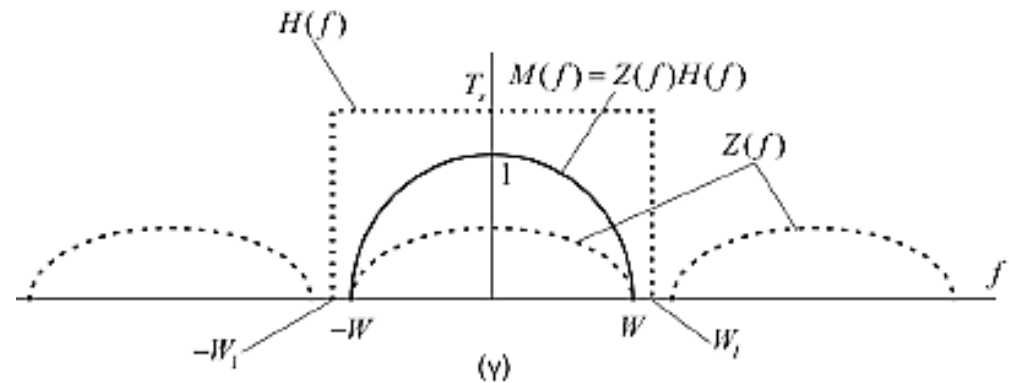
Ανάκτηση δειγματοληπτημένου σήματος στο δέκτη - Πεδίο Συχνότητας



$$m(t) = z(t) * h(t)$$



$$M(f) = Z(f)H(f)$$



$$W_1 = \frac{f_s}{2}, \quad W \leq W_1 \leq f_s - W.$$



Ανάκτηση δειγματοληπτημένου σήματος στο δέκτη - Πεδίο του Χρόνου (1/2)

$$z(t) = m(t) \left[\sum_{k=-\infty}^{\infty} \delta(t - kT_s) \right] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} m(kT_s) \delta(t - kT_s)$$

$$h(t) = 2T_s W_l \operatorname{sinc}(2W_l t)$$



$$m(t) = z(t) * h(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} m(kT_s) \operatorname{sinc} [2W_l (t - kT_s)]$$

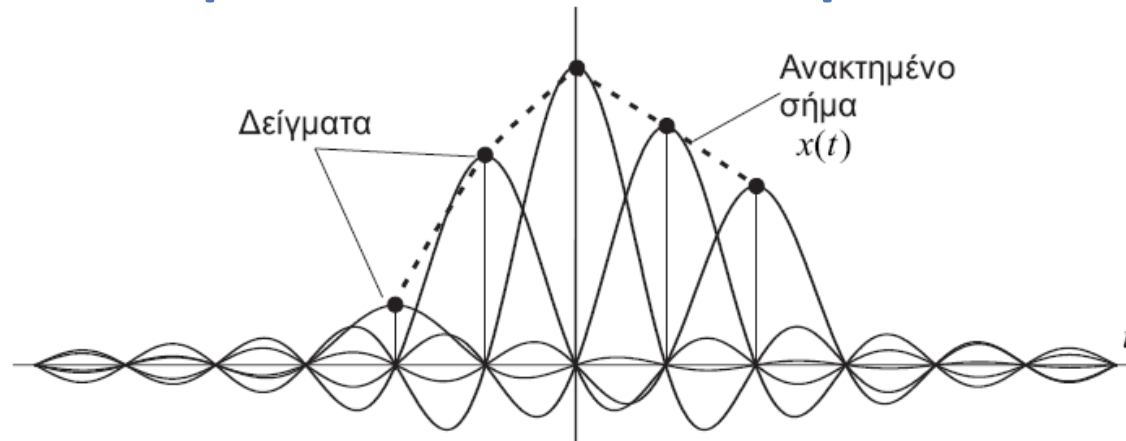
Αν η δειγματοληψία πραγματοποιηθεί σε ρυθμό Nyquist



$$m(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} m(kT_s) \operatorname{sinc} (2W t - k)$$



Ανάκτηση δειγματοληπτημένου σήματος στο δέκτη - Πεδίο του Χρόνου (2/2)



Η κρουστική απόκριση $h(t)$ του ιδανικού χαμηλοπερατού φίλτρου λειτουργεί σαν *συνάρτηση παρεμβολής* και με δεδομένη την είσοδο $m(kT_s)\delta(t-kT_s)$ δημιουργεί παρεμβολές μεταξύ των δειγμάτων, ώστε μετά την υπέρθεση όλως των σημάτων στο τέλος να εξάγεται το $m(t)$.

Αυτό συμβαίνει γιατί ο όρος $\text{sinc}(2Wt-k)$ λαμβάνει μη μηδενικές τιμές (ίσες με 1) μόνο όταν $t = k/2W = kT_s$, ενώ για τις υπόλοιπες τιμές του k , ισούται με 0. Έτσι, τις χρονικές στιγμές $t = kT_s$, η έξοδος του φίλτρου θα είναι οι τιμές $m(kT_s)$.

Όταν $t \neq kT_s$, τα σήματα $m(kT_s) \text{sinc}(2Wt-k)$ παρεμβάλλονται και προσθαφαιρούνται με το τελικό αποτέλεσμα να είναι το $m(t)$.



Περιεχόμενα ενότητας

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΟΥΜΕΝΟΥ
ΣΗΜΑΤΟΣ

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΠΑΛΜΟΥ

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΕΠΙΠΕΔΗΣ ΚΟΡΥΦΗΣ

ΚΒΑΝΤΙΣΗ

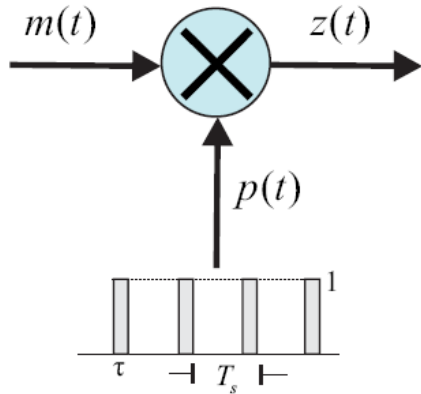
ΘΟΡΥΒΟΣ ΚΒΑΝΤΙΣΗΣ

ΜΗ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΚΒΑΝΤΙΣΗ



Δειγματοληψία παλμού (Pulse Sampling) ή Πρακτική Δειγματοληψία

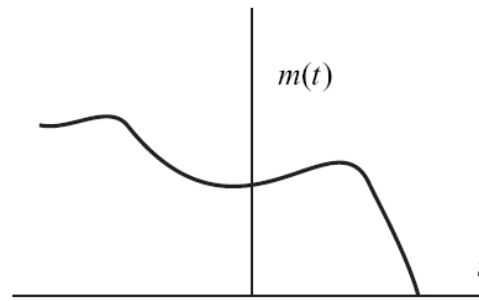
$$Z(f) = M(f) * P(f) = \frac{\tau}{T_s} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \text{sinc}(kf_s\tau) M(f - kf_s)$$



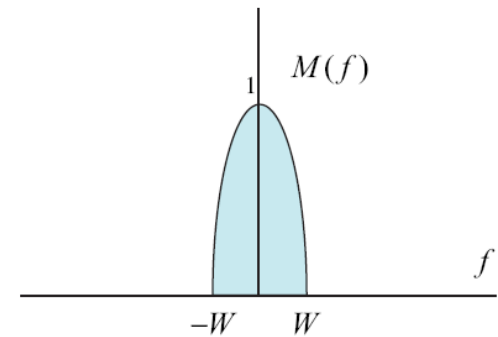
$$p(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} y_p(t - kT_s)$$

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

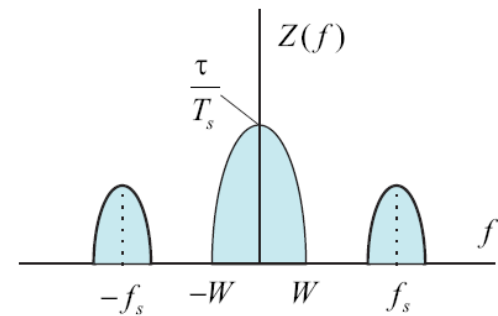
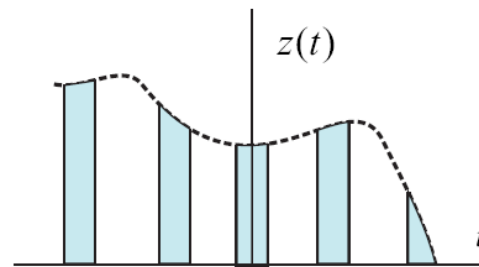
$$P(f) = \frac{\tau}{T_s} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \text{sinc}(kf_s\tau) \delta(f - kf_s)$$



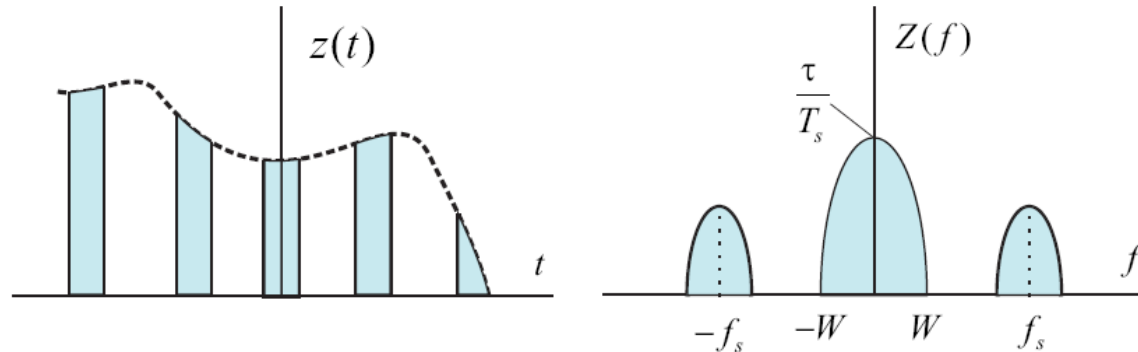
(α)



(β)



Δειγματοληψία παλμού (Pulse Sampling) - Συμπεράσματα



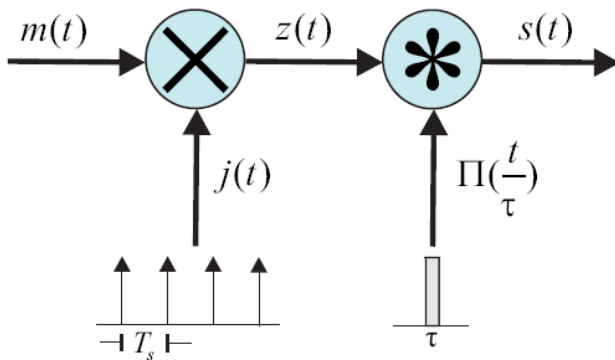
- ✓ Το φάσμα εξόδου του δειγματολήπτη έχει παρόμοια μορφή με αυτό του ιδανικού δειγματολήπτη. Η διαφορά είναι ότι τα αντίγραφα του φάσματος του σήματος εισόδου πολλαπλασιάζονται με έναν παράγοντα $\text{sinc}(kf_s t)$, ο οποίος δεν είναι σταθερός (στην ιδανική δειγματοληψία είναι ίσος με 1), αλλά μειώνεται με την αύξηση του k . Όμως επειδή ο παράγοντας αυτός δεν μεταβάλλεται με τη συχνότητα, δεν προκαλείται παραμόρφωση στα αντίγραφα του $M(f)$ που αποτελούν το $Z(f)$.
- ✓ Όταν ικανοποιείται η συνθήκη Nyquist, δηλαδή $f_s > 2W$, είναι δυνατή η ανάκτηση του αναλογικού σήματος $m(t)$ στον DAC, μέσω ενός χαμηλοπερατού φίλτρου, όπως και στην περίπτωση της ιδανικής δειγματοληψίας.

Περιεχόμενα ενότητας

- ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ
- ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΟΥΜΕΝΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ
- ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΠΑΛΜΟΥ
- ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΕΠΙΠΕΔΗΣ ΚΟΡΥΦΗΣ
- ΚΒΑΝΤΙΣΗ
- ΘΟΡΥΒΟΣ ΚΒΑΝΤΙΣΗΣ
- ΜΗ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΚΒΑΝΤΙΣΗ



Δειγματοληψία επίπεδης κορυφής (Flat-top sampling)



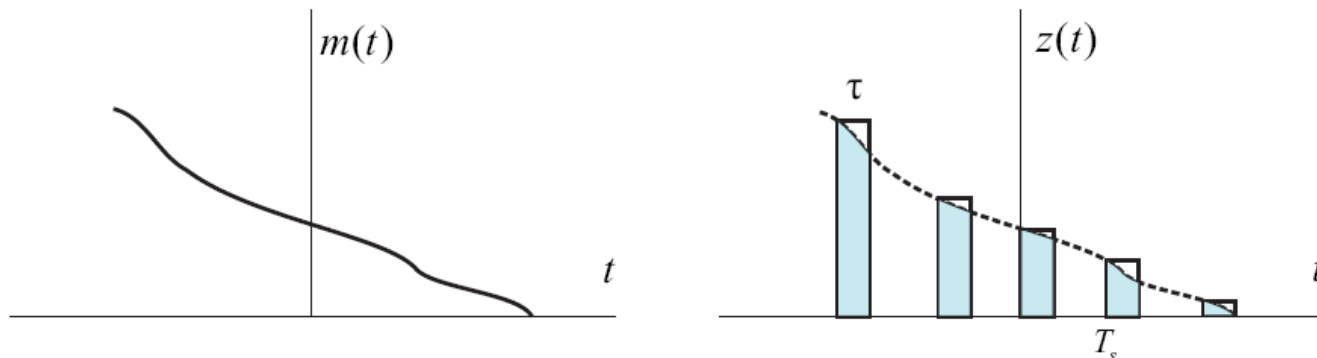
$$j(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \delta(t - kT_s)$$

$$z(t) = x(t) \left[\sum_{k=-\infty}^{\infty} \delta(t - kT_s) \right] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x(kT_s) \delta(t - kT_s)$$

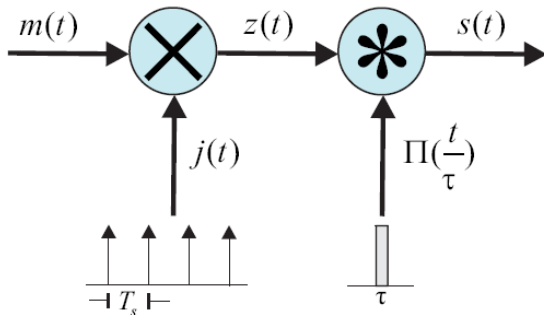
$$p(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} y_p(t - kT_s)$$

$$s(t) = [m(t) j(t)] * \Pi\left(\frac{t}{\tau}\right)$$

$$S(f) = \frac{\tau \text{sinc}(f\tau)}{T_s} \sum_{k=-\infty}^{\infty} M(f - kf_s)$$



Δειγματοληψία επίπεδης κορυφής (Flat-top sampling) - Πεδίο συχνότητας



$$S(f) = \frac{\tau \text{sinc}(f\tau)}{T_s} \sum_{k=-\infty}^{\infty} M(f - kf_s)$$



- ✓ Το φάσμα του $s(t)$ αποτελείται από παραμορφωμένα αντίγραφα του φάσματος του αναλογικού σήματος, επαναλαμβανόμενα στις συχνότητες $\pm f_s$.
- ✓ Η παραμόρφωση οφείλεται στον πολλαπλασιασμό στο πεδίο συχνοτήτων με τον παράγοντα $\tau \text{sinc} f\tau$, ο οποίος προκαλεί την παραμόρφωση του $s(t)$.
- ✓ Για την ανάκτηση του αναλογικού σήματος στον DAC χωρίς παραμόρφωση, απαιτείται επιπλέον του χαμηλοπερατού φίλτρου και ένα φίλτρο με απόκριση συχνότητας:

$$H(f) = \frac{1}{\tau \text{sinc} f\tau}$$

- ✓ προκειμένου να αντισταθμιστεί ο όρος $\tau \text{sinc} f\tau$, στην παραπάνω σχέση. Η χρησιμοποίηση αυτού του φίλτρου ονομάζεται ισοστάθμιση (equalising).

Περιεχόμενα ενότητας

- ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ
- ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΟΥΜΕΝΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ
- ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΠΑΛΜΟΥ
- ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΕΠΙΠΕΔΗΣ ΚΟΡΥΦΗΣ
- ΚΒΑΝΤΙΣΗ**
- ΘΟΡΥΒΟΣ ΚΒΑΝΤΙΣΗΣ
- ΜΗ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΚΒΑΝΤΙΣΗ



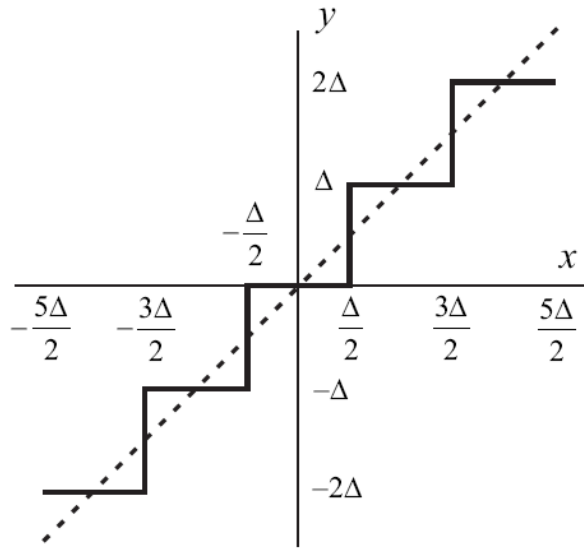
Κβάντιση (Quantization)

Κβάντιση (Quantization) είναι η διαδικασία μετατροπής των δειγμάτων (τιμών) της εξόδου του δειγματολήπτη σε ακολουθία διακριτών τιμών, οι οποίες ανήκουν σε ένα πεπερασμένο σύνολο επιπέδων πλάτους. Αν τα επίπεδα αυτά είναι ισαπέχοντα, τότε η κβάντιση ονομάζεται ομοιόμορφη (uniform), ενώ στην αντίθετη περίπτωση ονομάζεται μη-ομοιόμορφη (non-uniform).

Η κβάντιση είναι μία διαδικασία που θεωρητικά οδηγεί σε απώλεια πληροφορίας. Έτσι, κρίσιμο σημείο στη σχεδίαση του κβαντιστή είναι η πληροφορία που θα χαθεί να είναι όσο το δυνατόν λιγότερο "χρήσιμη" στο δέκτη.



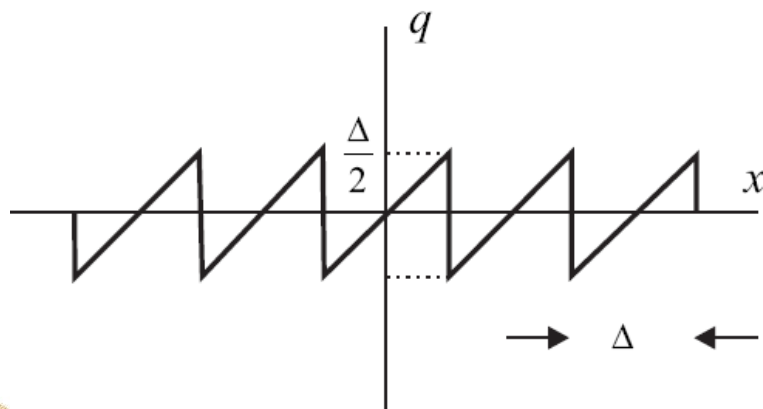
Ομοιόμορφη Κβάντιση (mid-tread)



$$L = 2^R \quad \longrightarrow \quad \Delta = \frac{V_{pp}}{2^R}$$

Βήμα

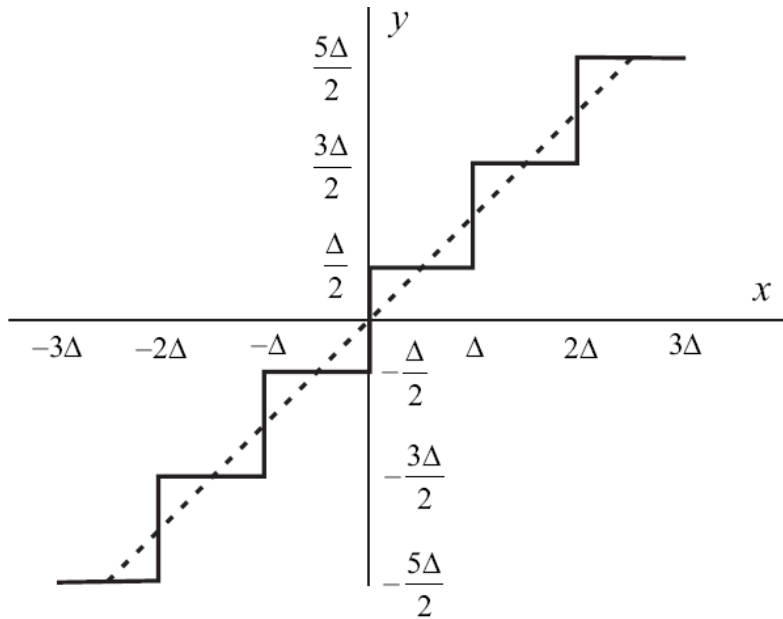
$$x \in \left\{ \left(n - \frac{1}{2}\right)\Delta, \left(n + \frac{1}{2}\right)\Delta \right\} \Rightarrow y = n\Delta$$



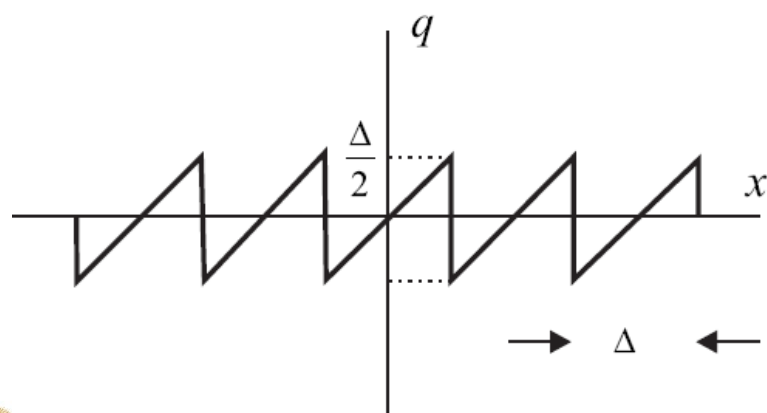
$$n = -\frac{L}{2}, -\frac{L}{2} + 1, \dots, \frac{L}{2} - 2, \frac{L}{2} - 1$$



Ομοιόμορφη Κβάντιση (mid-rise)



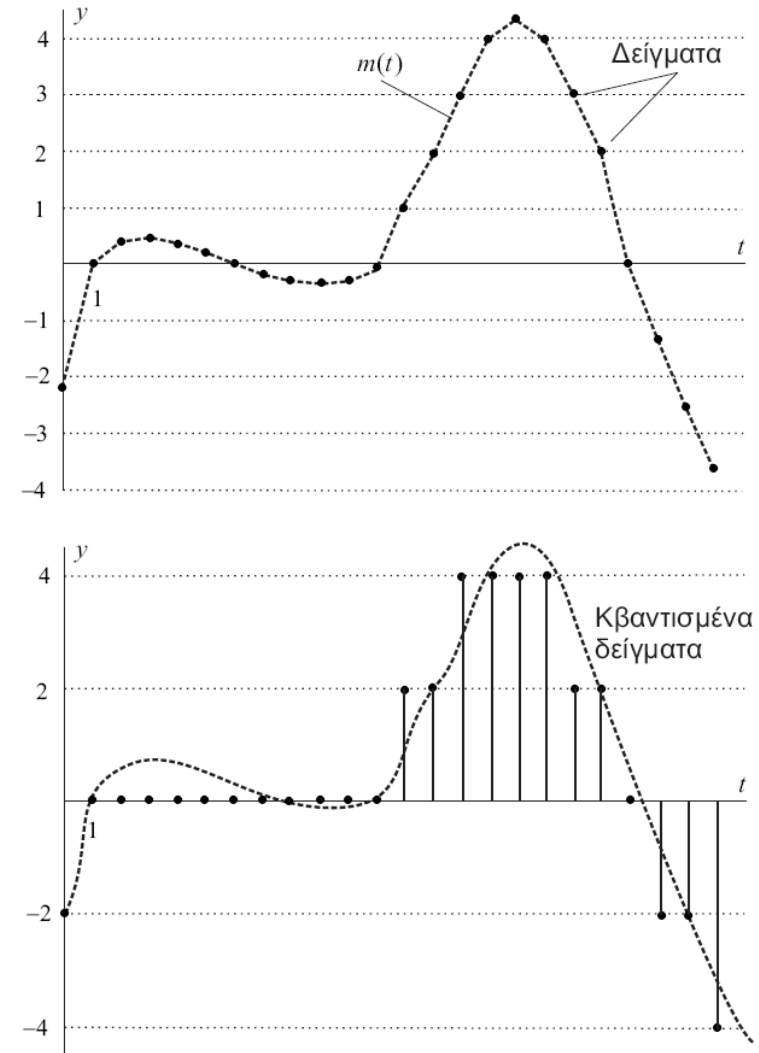
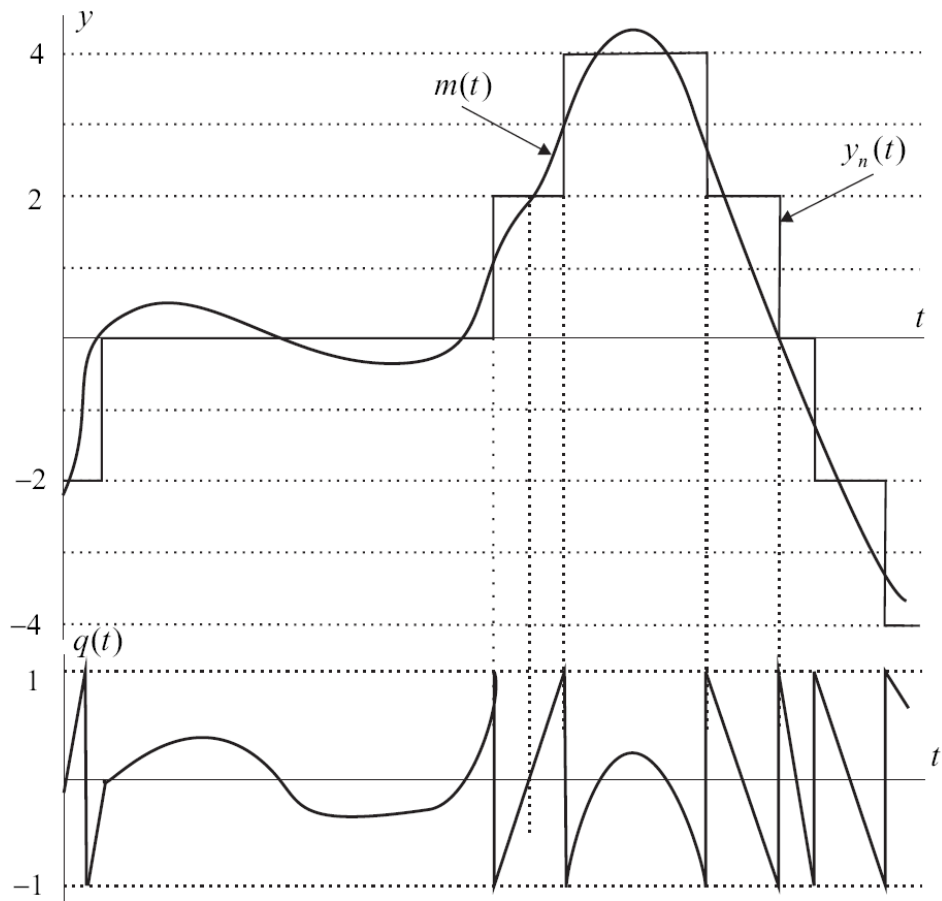
$$x \in \{(n-1)\Delta, n\Delta\} \Rightarrow y = (n - \frac{1}{2})\Delta$$



$$n = -\frac{L}{2} + 1, -\frac{L}{2} + 2, \dots, \frac{L}{2} - 1, \frac{L}{2}$$



Ομοιόμορφη Κβάντιση-Παράδειγμα

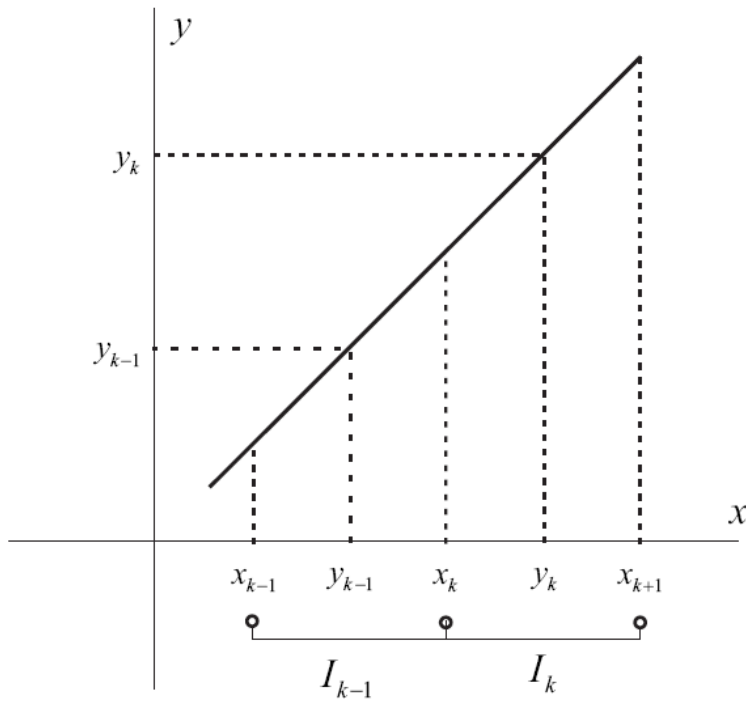


Περιεχόμενα ενότητας

- ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ
- ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΟΥΜΕΝΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ
- ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΠΑΛΜΟΥ
- ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΕΠΙΠΕΔΗΣ ΚΟΡΥΦΗΣ
- ΚΒΑΝΤΙΣΗ
- ΘΟΡΥΒΟΣ ΚΒΑΝΤΙΣΗΣ
- ΜΗ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΚΒΑΝΤΙΣΗ



Θόρυβος Κβάντισης



$$f_Q(q) = \begin{cases} \frac{1}{\Delta}, & q \in \{-\frac{\Delta}{2}, \frac{\Delta}{2}\} \\ 0, & \text{αλλοού,} \end{cases}$$

$$\sigma_Q^2 = \int_{-\frac{\Delta}{2}}^{\frac{\Delta}{2}} \frac{1}{\Delta} q^2 dq = \frac{\Delta^2}{12} = \frac{1}{12} \frac{V_{pp}^2}{2^{2K}}$$

$$(\text{SNR})_{o,q} = \frac{\sigma_X^2}{\sigma_Q^2}$$



$$(\text{SNR})_{o,q} = \frac{12\sigma_X^2}{\Delta^2}$$

$$I_k = \{x_k < x \leq x_{k+1}\}, k = 1, 2, \dots, L$$

$$y = y_k \text{ αν } x \in I_k \quad \Rightarrow \quad y_k = x + q, x \in I_k$$

Σφάλμα $|q| \leq \frac{\Delta}{2}$



Περιεχόμενα ενότητας

- ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ
- ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΟΥΜΕΝΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ
- ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΠΑΛΜΟΥ
- ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΕΠΙΠΕΔΗΣ ΚΟΡΥΦΗΣ
- ΚΒΑΝΤΙΣΗ
- ΘΟΡΥΒΟΣ ΚΒΑΝΤΙΣΗΣ
- ΜΗ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΚΒΑΝΤΙΣΗ



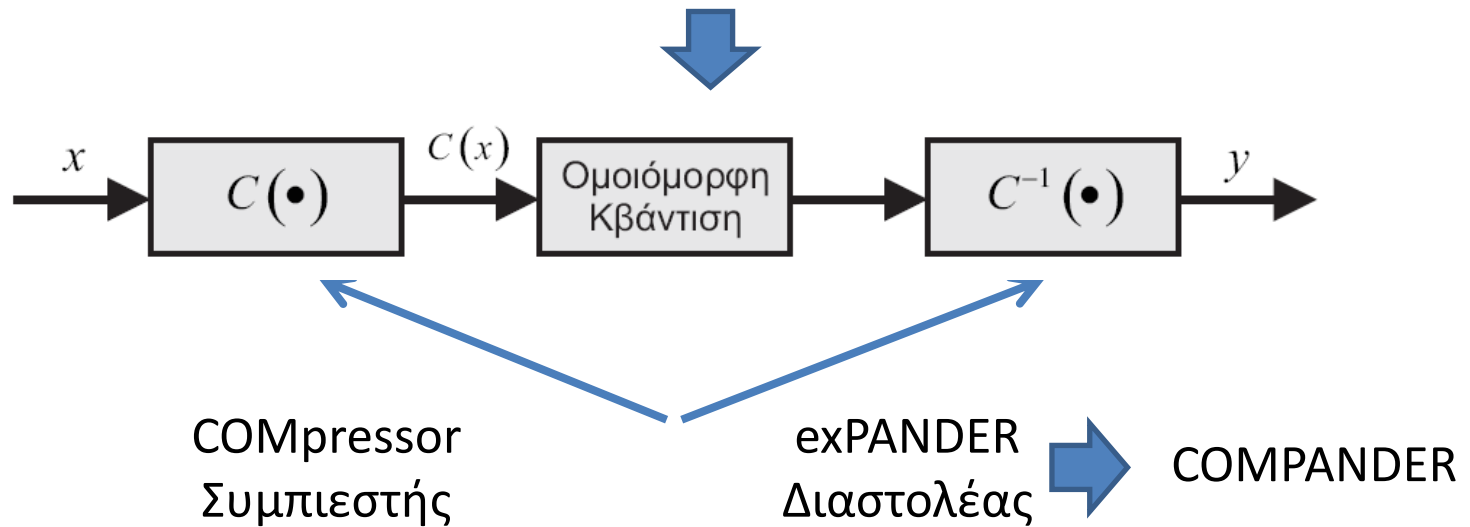
Μη-ομοιόμορφη Κβάντιση (1/2)

$$(\text{SNR})_{o,q} = \frac{12\sigma_X^2}{\Delta^2}$$

Πρόβλημα με
αυξομείωση της έντασης

Ομοιόμορφη
Κβάντιση

Μη-ομοιόμορφη Κβάντιση

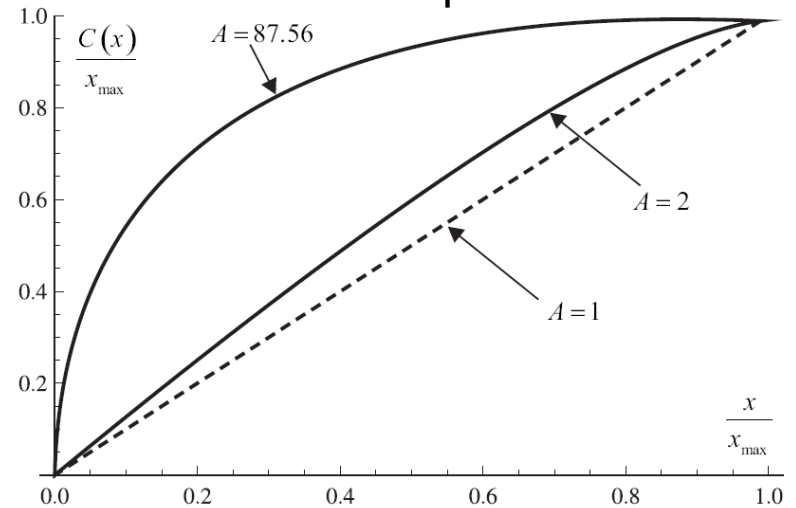


Μη-ομοιόμορφη Κβάντιση (2/2)

A-law COMPANDER:

$$C(x) = \begin{cases} \frac{A|x|}{1+\log A} \operatorname{sgn}(x), & 0 \leq \frac{|x|}{x_{\max}} \leq \frac{1}{A} \\ x_{\max} \left[\frac{1+\log\left(\frac{A|x|}{x_{\max}}\right)}{1+\log A} \right] \operatorname{sgn}(x), & \frac{1}{A} \leq \frac{|x|}{x_{\max}} \leq 1 \end{cases}$$

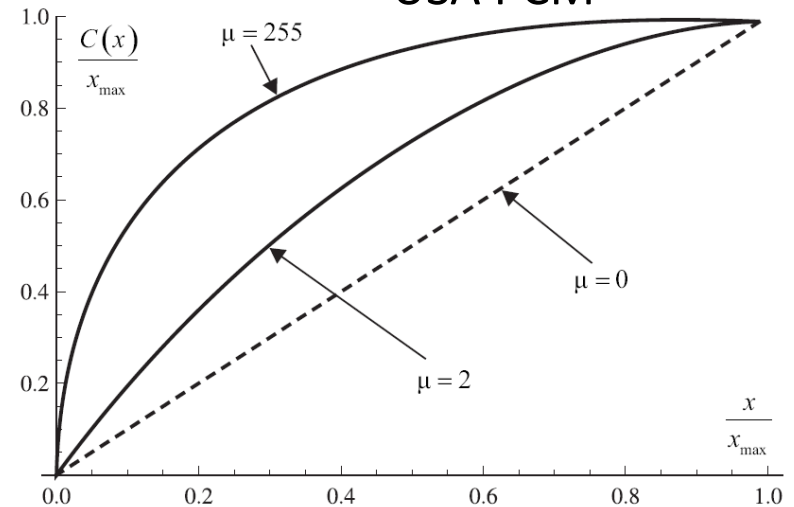
Ευρωπαϊκό PCM



μ -law COMPANDER:

$$C(x) = x_{\max} \left[\frac{\log\left(1 + \mu \frac{|x|}{x_{\max}}\right)}{\log(1 + \mu)} \right] \operatorname{sgn}(x)$$

USA PCM



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 8: Δειγματοληψία - Διαμόρφωση παλμών**». 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 5-6, 8-11, 13-14, 16, 18-19, 21-22, 25-27, 29, και 31-32 προέρχονται από το σύγγραμμα του μαθήματος “Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα”, Εκδόσεις Τζιόλα, μετά από άδεια του συγγραφέα Καθ. Γ. Καραγιαννίδη.

