

Ψηφιακή λογική σχεδίαση



Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών
& Μηχανικών Υπολογιστών

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ**

Λάμπρος Μπισδούνης
Καθηγητής



Διδάσκων: Λάμπρος Μπισδούνης, Καθηγητής



Γραφείο: Εργαστήριο Αναλογικών Ηλεκτρονικών
Κυκλωμάτων, 1ος όροφος κτηρίου Α1



Τηλέφωνο: 2610 369293



E-mail: bisdounis@uop.gr



Διδασκαλία μαθήματος:
Τετάρτη, 16:00 – 17:00 ΑΜΦ.
Πέμπτη, 09:00 – 12:00 ΑΜΦ.







<https://eclass.uop.gr/courses/688/>

- 📁 Έγγραφα
- 📣 Ανακοινώσεις
- 📖 Ηλεκτρονικό βιβλίο
- ✉ Μηνύματα
- 🔗 Σύνδεσμοι

Τύπος	Όνομα ▾
📁	Ασκήσεις φροντιστηρίου
📁	Ενδεικτικά θέματα εξετάσεων
📁	Παρουσιάσεις θεωρίας






<https://eclass.uop.gr/courses/688/>

Αρχικός κατάλογος » Παρουσιάσεις θεωρίας 

Τύπος	Όνομα 
	01 Αναλογικά και ψηφιακά σήματα, μετατροπή σημάτων, ψηφιακά συστήματα
	02 Αριθμητικά συστήματα, αριθμητικές πράξεις και δυαδικοί κώδικες
	03 Δυαδική λογική και λογικές πύλες, άλγεβρα Boole, λογικές συναρτήσεις και λογικά κυκλώματα
	04 Ελαχιστοποίηση λογικών συναρτήσεων με τη μέθοδο του χάρτη Karnaugh και μερικώς καθορισμένες συναρτήσεις
	05 Σύνθεση και ανάλυση συνδυαστικών κυκλωμάτων, τυποποιημένα συνδυαστικά κυκλώματα

<https://eclass.uop.gr/courses/688/>

Αρχικός κατάλογος » Ασκήσεις φροντιστηρίου 📄

Τύπος	Όνομα ▾
	1η ενότητα ασκήσεων: αναλογικά και ψηφιακά σήματα, μετατροπή σημάτων, ψηφιακά συστήματα
	2η ενότητα ασκήσεων: αριθμητικά συστήματα και πράξεις, αριθμοί κινητής υποδιαστολής, δυαδικοί κώδικες
	3η ενότητα ασκήσεων: δυαδική λογική, λογικές πύλες και άλγεβρα Boole, λογικές συναρτήσεις και λογικά κυκλώματα
	4η ενότητα ασκήσεων: ελαχιστοποίηση λογικών συναρτήσεων με τη μέθοδο του χάρτη Karnaugh και μερικές καθορισμένες συναρτήσεις
	5η ενότητα ασκήσεων: σύνθεση και ανάλυση συνδυαστικών κυκλωμάτων, τυποποιημένα συνδυαστικά κυκλώματα

<https://eclass.uop.gr/courses/688/>

Ηλεκτρονικά βιβλία

Λογικά κυκλώματα, Π. Γιαννακόπουλος, Ελληνικά Ηλεκτρονικά Ακαδημαϊκά Συγγράμματα και Βοηθήματα (www.kallipos.gr)

Μαθήματα ψηφιακών ηλεκτρονικών, Ι. Λιαπέρδος, Ελληνικά Ηλεκτρονικά Ακαδημαϊκά Συγγράμματα και Βοηθήματα (www.kallipos.gr)



<https://eclass.uop.gr/courses/688/>

Σύνδεσμοι

Γενικοί σύνδεσμοι


[Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου](#) 


[Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου](#) 

[Ηλεκτρονικές πηγές βιβλιοθήκης Πανεπιστημίου Πελοποννήσου](#) 

Κατηγορίες συνδέσμων

 [Tutorials ψηφιακής λογικής σχεδίασης](#)

 [Βιβλία ψηφιακής λογικής σχεδίασης](#)

 [Εργαλεία σχεδιασμού και προσομοίωσης ψηφιακών λογικών κυκλωμάτων](#)



Περιεχόμενα του μαθήματος

Ενότητα 1: Αναλογικά και ψηφιακά σήματα, μετατροπή σημάτων, ψηφιακά συστήματα.

Ενότητα 2: Αριθμητικά συστήματα (με έμφαση στο δυαδικό σύστημα), βασικές αριθμητικές πράξεις, αριθμοί κινητής υποδιαστολής, δυαδικοί κώδικες.

Ενότητα 3: Δυαδική λογική, λογικές πύλες και άλγεβρα Boole, λογικές συναρτήσεις και λογικά κυκλώματα.

Ενότητα 4: Ελαχιστοποίηση λογικών συναρτήσεων με τη μέθοδο του χάρτη Karnaugh, μερικώς καθορισμένες συναρτήσεις.

Ενότητα 5: Σύνθεση και ανάλυση συνδυαστικών κυκλωμάτων και τυποποιημένα συνδυαστικά κυκλώματα (αθροιστές, αφαιρέτες, πολλαπλασιαστές, κωδικοποιητές, αποκωδικοποιητές, πολυπλέκτες, αποπολυπλέκτες).

Εύδοξος – Βιβλία

<https://service.eudoxus.gr/public/departments/courses/412316/2023>

Μάθημα [ECE_K140]: ΨΗΦΙΑΚΗ ΛΟΓΙΚΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ

Επιλογές βιβλίων:

Βιβλίο [68406394]: Ψηφιακή Σχεδίαση, Mano Morris, Ciletti Michael

Βιβλίο [68374428]: Ψηφιακή Σχεδίαση: Αρχές και εφαρμογές, Ρουμελιώτης Μάνος, Σουραβλάς Σταύρος

Βιβλίο [14888]: Ανάλυση και σχεδίαση κυκλωμάτων ψηφιακής λογικής, Nelson Victor P., Nagle H. Troy, Irwin J. David, Carroll Bill D.

Βιβλίο [86195856]: Ψηφιακή σχεδίαση: Αρχές και πρακτικές, John F. Wakerly



1. Αναλογικά και ψηφιακά σήματα, μετατροπή σημάτων, ψηφιακά συστήματα



Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών
& Μηχανικών Υπολογιστών

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ**

Ψηφιακή και αναλογική παράσταση σημάτων

Στις επιστήμες, την τεχνολογία, την επιχειρηματικότητα, χειριζόμαστε πολύ συχνά ποσοτικά μεγέθη, που μετρούνται, συλλέγονται, επεξεργάζονται, καταγράφονται ή αποθηκεύονται και είναι σημαντικό να παριστάνονται με αποδοτικό και ακριβή τρόπο.

Οι βασικοί **τρόποι παράστασης ποσοτικών μεγεθών** είναι δύο: ο **αναλογικός** και ο **ψηφιακός** και η μορφή της πληροφορίας λέγεται **αναλογικό** ή **ψηφιακό σήμα**, αντίστοιχα.

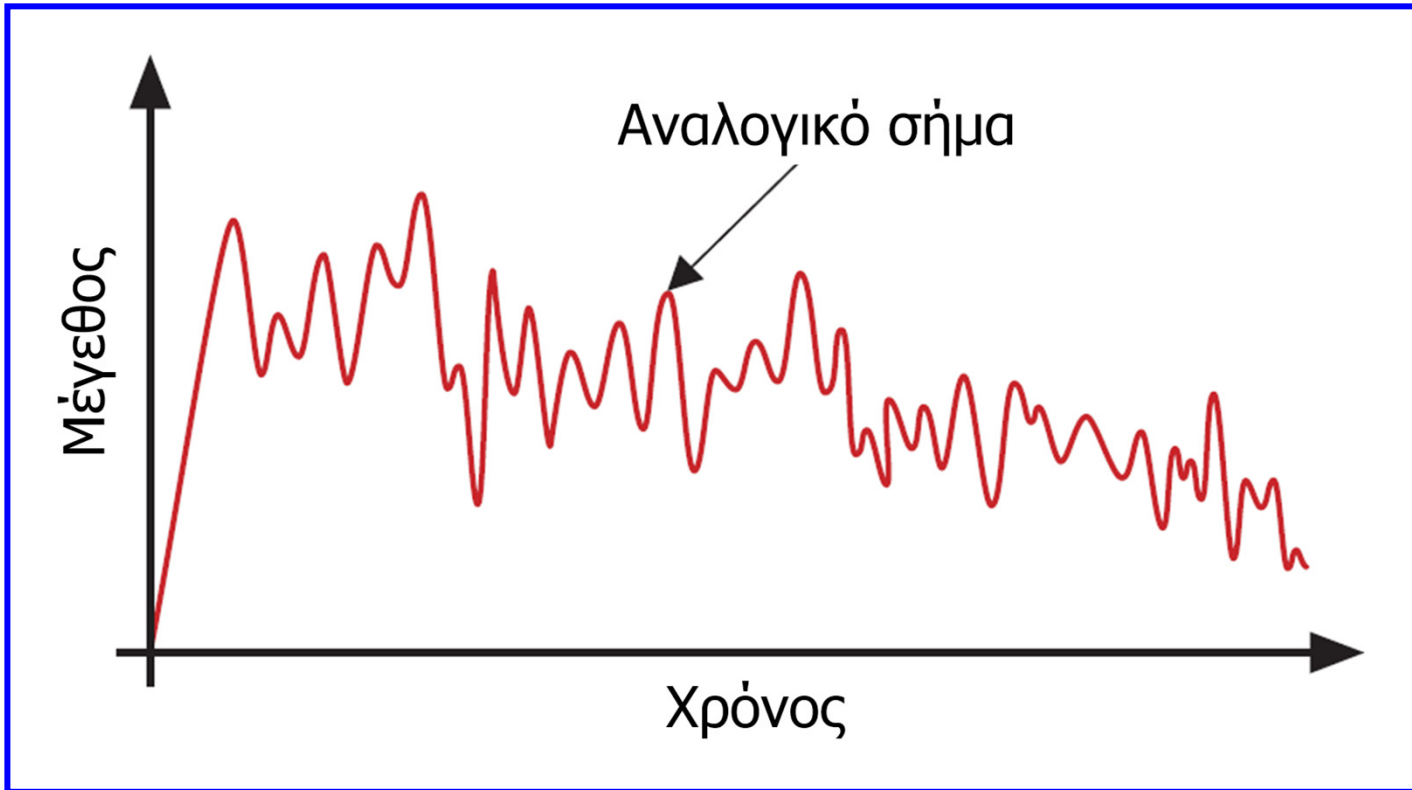
Παραδείγματα: επιλογές του διακόπτη που ελέγχει το «μάτι» ηλεκτρικής κουζίνας (ψηφιακό), ρεύμα που διαρρέει ηλεκτρικό κύκλωμα (αναλογικό), θερμοκρασία χώρου (αναλογικό), πάπιες σε λίμνη (ψηφιακό).

Ψηφιακή και αναλογική παράσταση σημάτων

Στην **αναλογική παράσταση**, ένα μέγεθος λαμβάνει **συνεχείς τιμές**, ενώ στην **ψηφιακή παράσταση** λαμβάνει **διακριτές τιμές**.

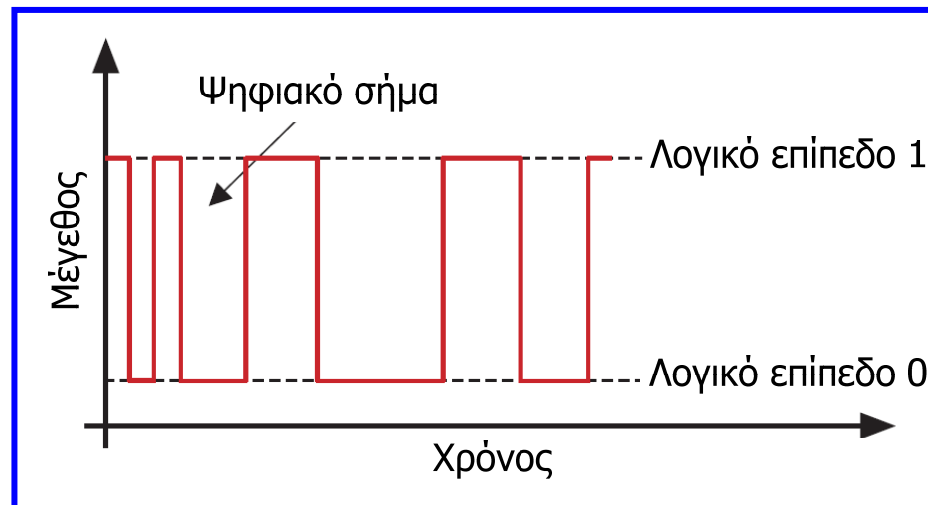
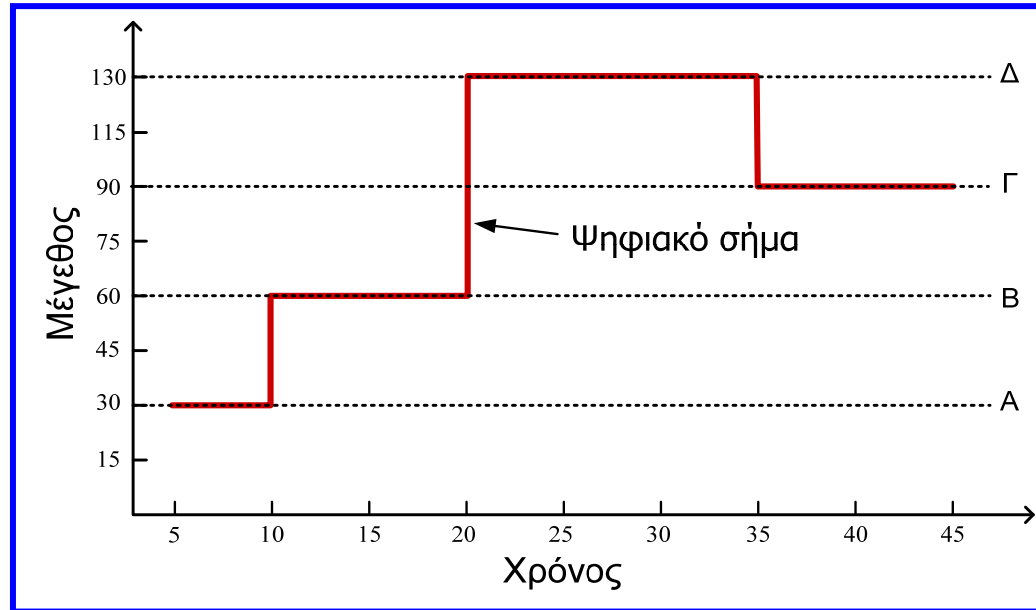
Τα περισσότερα μεγέθη που μετρούνται ποσοτικά, όπως θερμοκρασία, πίεση, ταχύτητα, ένταση ηλεκτρικού ρεύματος κ.ά. εμφανίζονται στη φύση με αναλογική μορφή και επειδή τα ψηφιακά συστήματα χειρίζονται ψηφιακά σήματα, απαιτούνται κατάλληλα **συστήματα μετατροπής**, τα οποία επιτελούν τη μετατροπή ενός μεγέθους που παριστάνεται με αναλογικό τρόπο σε ψηφιακή μορφή.

Αναλογικό σήμα



Αναλογική παράσταση μεγέθους (**αναλογικό σήμα**): γραφική παράστασή ως προς το χρόνο.

Ψηφιακό σήμα



Ψηφιακά και αναλογικά σήματα



Μετατροπή αναλογικών σημάτων σε ψηφιακά

Όπως αναφέρθηκε η αναλογική παράσταση μεγέθους (**αναλογικό σήμα**) αντιστοιχεί στη γραφική παράστασή του με το χρόνο.

Δειγματοληψία (sampling): λήψη δειγμάτων του μεγέθους σε διακριτές χρονικές στιγμές.

Η αναπαράσταση της τιμής κάθε δείγματος με έναν αριθμό πεπερασμένου πλήθους ψηφίων, αποτελεί την **ψηφιοποίηση (digitization)**, αποτέλεσμα της οποίας είναι η ψηφιακή παράσταση του μεγέθους, δηλαδή μια απλή ακολουθία αριθμών που αναπαριστά το μέγεθος των διαδοχικών δειγμάτων (**ψηφιακό σήμα**).

Η ψηφιοποίηση προϋποθέτει αρχικά τη διαίρεση της κλίμακας του μεγέθους σε **επίπεδα (στάθμες)**, ώστε κάθε δείγμα του μεγέθους να αντιστοιχιστεί στο πλησιέστερο επίπεδο, διαδικασία που αναφέρεται ως **κβαντισμός (quantization)**.

Μετατροπή αναλογικών σημάτων σε ψηφιακά

Η διαδικασία της ψηφιοποίησης ολοκληρώνεται με την **κωδικοποίηση (encoding, coding)**, κατά την οποία κάθε επίπεδο κβαντισμού και κατά συνέπεια κάθε δείγμα που αντιστοιχεί στο επίπεδο αυτό, κωδικοποιείται με μία απλή ακολουθία αριθμών.

Συνήθως, ακολουθείται η **δυναδική κωδικοποίηση**, στην οποία χρησιμοποιούνται **δυναδικά ψηφία (binary digits ή bits)** που μπορούν να λάβουν δύο τιμές 0 και 1.

Για το λόγο αυτό τα ψηφιακά σήματα που προκύπτουν αναφέρονται ως **δυναδικά σήματα**.

Μετατροπή αναλογικών σημάτων σε ψηφιακά

Για τη δυαδική **κωδικοποίηση** 2^N **τιμών** ενός μεγέθους, απαιτούνται **N δυαδικά ψηφία**.

Για παράδειγμα, όταν ένα μέγεθος λαμβάνει 2 τιμές (2^1), αυτές μπορούν να κωδικοποιηθούν με 1 δυαδικό ψηφίο που μπορεί να έχει 2 τιμές (0 και 1), δηλαδή μία τιμή για κάθε τιμή του μεγέθους.

4 = 2^2 τιμές ενός μεγέθους μπορούν να κωδικοποιηθούν με 2 δυαδικά ψηφία ως: 00, 01, 10, 11.

8 τιμές ενός μεγέθους κωδικοποιούνται με 3 ψηφία ως: 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111.

9 έως 16 τιμές ενός μεγέθους κωδικοποιούνται με 4 ψηφία, κ.ο.κ.

Μετατροπή αναλογικών σημάτων σε ψηφιακά

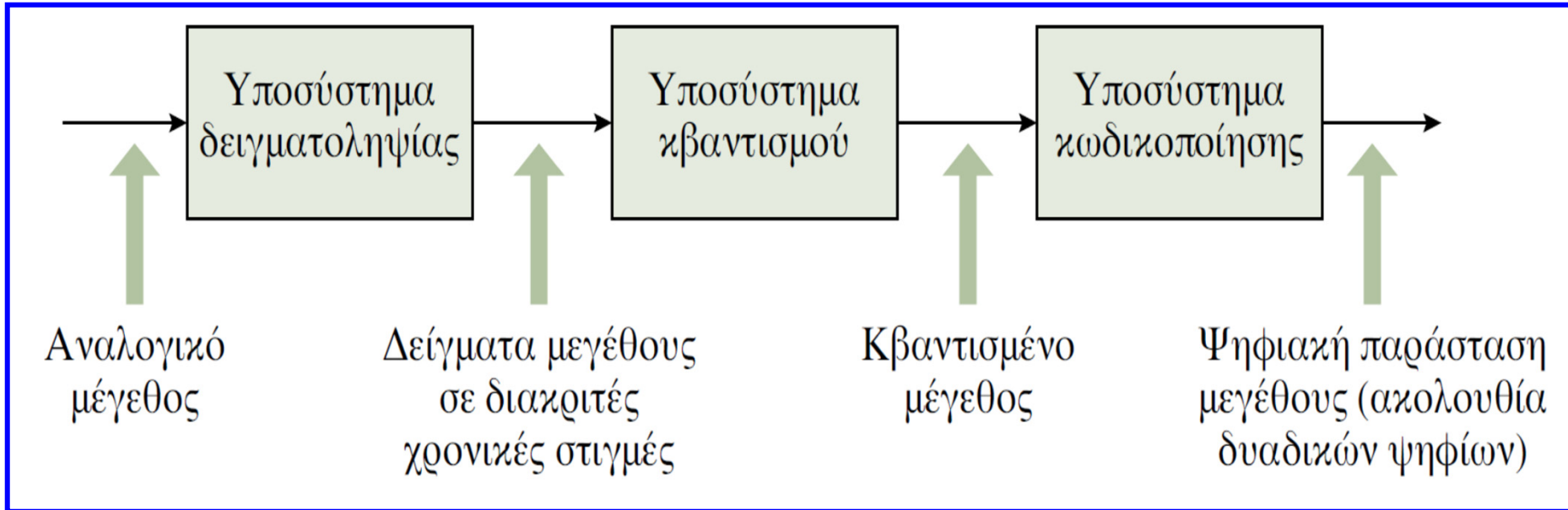
Η παράσταση που προκύπτει από τον κβαντισμό (κβαντισμένο σήμα) και κατά συνέπεια η ψηφιακή παράσταση (ψηφιακό σήμα), δεν αποδίδουν με ακρίβεια το αναλογικό μέγεθος, το οποίο λαμβάνει άπειρες μέσα στο πεδίο τιμών του.

Με τη δειγματοληψία, από το άπειρο πλήθος τιμών του αναλογικού σήματος, κρατάμε μόνο ένα σύνολο διακριτών τιμών ανά κάποιο σταθερό χρονικό διάστημα.

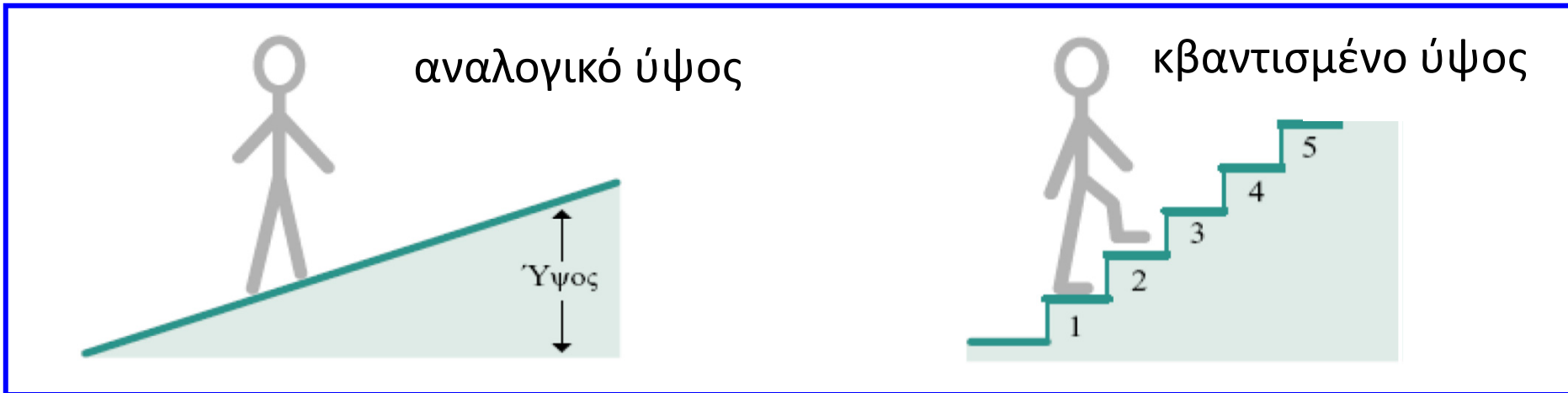
Στην ψηφιακή παράσταση δεν περιγράφονται όλες οι δυνατές τιμές του σήματος, αλλά μόνο κάποιο πεπερασμένο υποσύνολο αυτών, δηλαδή συγκεκριμένα επίπεδα κβαντισμού.

Ο κβαντισμός είναι μη αντιστρέψιμη διαδικασία, δηλαδή μετά την αντιστοίχιση των δειγμάτων σε επίπεδα κβαντισμού, δεν μπορούν να αποκατασταθούν τα δείγματα και το αντίστοιχο σφάλμα που εισάγεται αναφέρεται ως **σφάλμα κβαντισμού**.

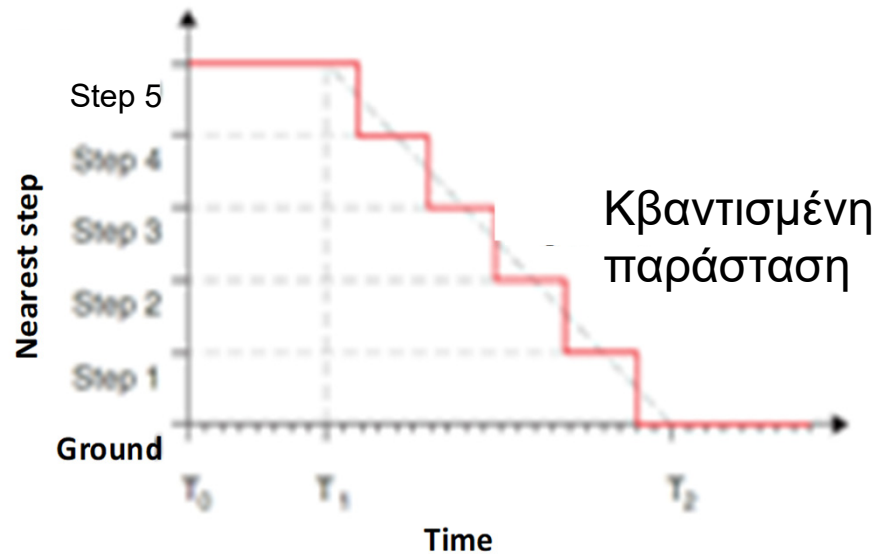
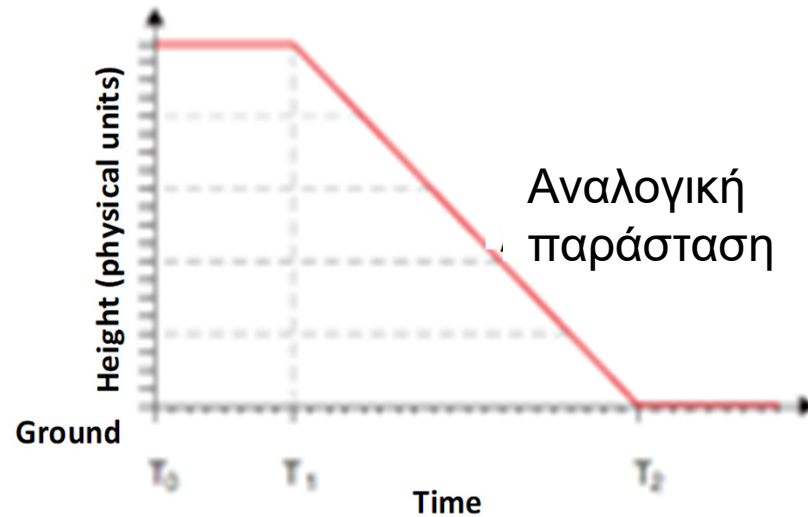
Μετατροπή αναλογικών σημάτων σε ψηφιακά



Μετατροπή αναλογικών σημάτων σε ψηφιακά



Μετατροπή αναλογικών σημάτων σε ψηφιακά



Δειγματοληψία και κβαντισμός

Η **δειγματοληψία** ενός αναλογικού σήματος $x_\alpha(t)$ επιτυγχάνεται λαμβάνοντας δείγματα αυτού ανά T δευτερόλεπτα: $x = x_\alpha(nT)$.

x είναι το σήμα διακριτού χρόνου που προκύπτει από την δειγματοληψία, T το χρονικό διάστημα μεταξύ διαδοχικών δειγμάτων (**περίοδος δειγματοληψίας**) και n ο αριθμός των δειγμάτων. $F = 1 / T$: **ρυθμός ή συχνότητα δειγματοληψίας**.

Στον **ομοιόμορφο κβαντισμό** η απόσταση (διαφορά) Δ μεταξύ δύο επιπέδων κβαντισμού, δηλαδή των προκαθορισμένων τιμών στις οποίες στρογγυλοποιούνται οι τιμές του δειγματοληπτημένου σήματος, είναι σταθερή.

Δειγματοληψία και κβαντισμός

Σφάλμα κβαντισμού: διαφορά μεταξύ αρχικής (x) και κβαντισμένης τιμής (x_q). Η μέγιστη τιμή του ισούται με το μισό της απόστασης μεταξύ δύο επιπέδων κβαντισμού.

$$e_q = x - x_q$$
$$e_q \leq \frac{\Delta}{2}$$

$$\Delta = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{L - 1} = \frac{R}{L - 1}$$

R: περιοχή κβαντισμού

Η αύξηση του πλήθους των επιπέδων κβαντισμού (L) οδηγεί στη μείωση του σφάλματος.

Παράδειγμα μετατροπής

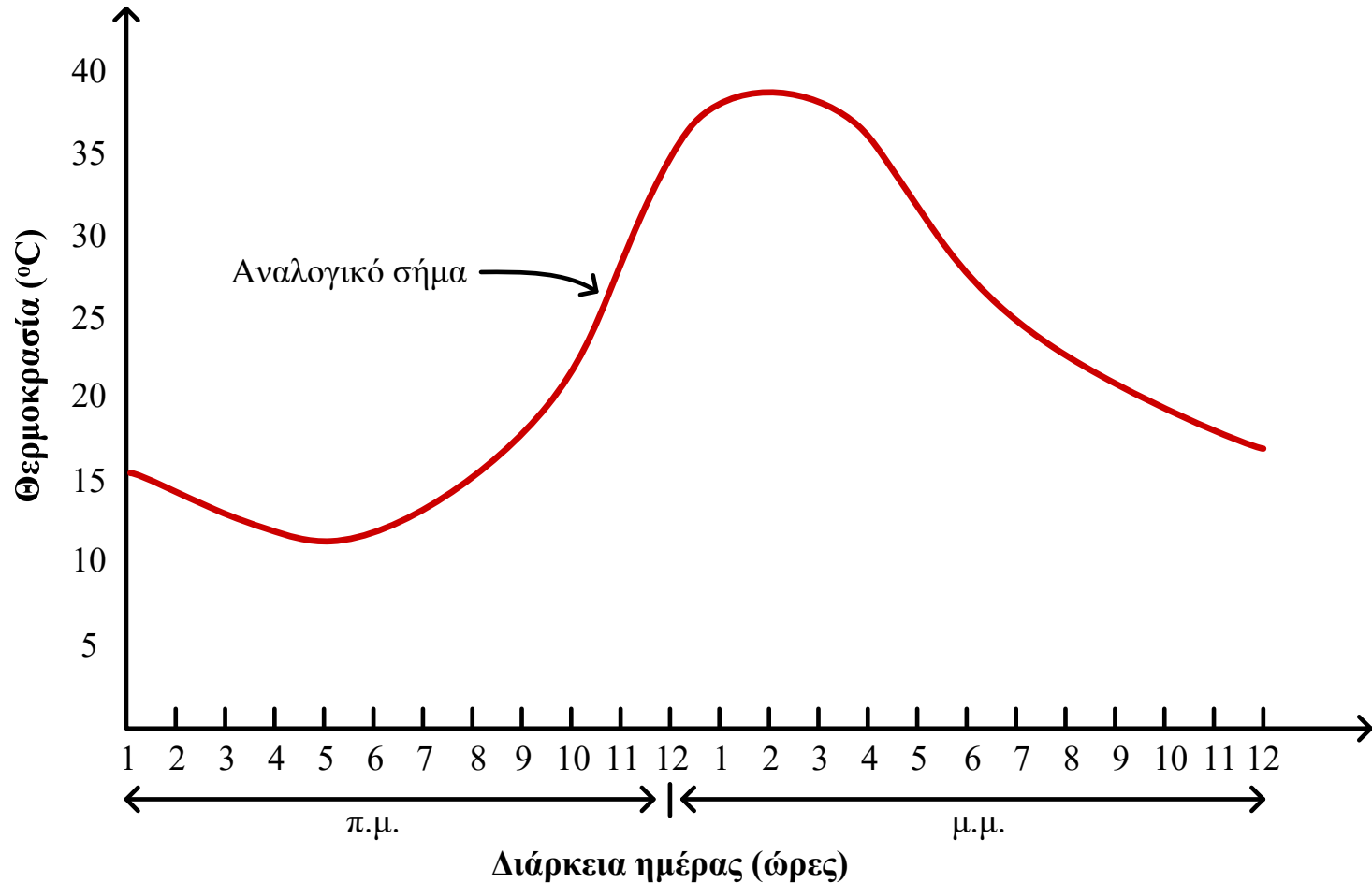
Ας δούμε ένα **παράδειγμα ψηφιοποίησης ενός αναλογικού σήματος**, μελετώντας τη διακύμανση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια μιας καλοκαιρινής ημέρας.

Η θερμοκρασία λαμβάνει συνεχείς τιμές, αφού δεν μπορεί να μεταβληθεί στιγμιαία, για παράδειγμα από τους 20 στους 30 βαθμούς Κελσίου, χωρίς να λάβει όλες τις ενδιάμεσες τιμές.

Η γραφική παράσταση που προκύπτει είναι μία συνεχής καμπύλη γραμμή και αποτελεί την **αναλογική παράσταση** του ποσοτικού μεγέθους της θερμοκρασίας.

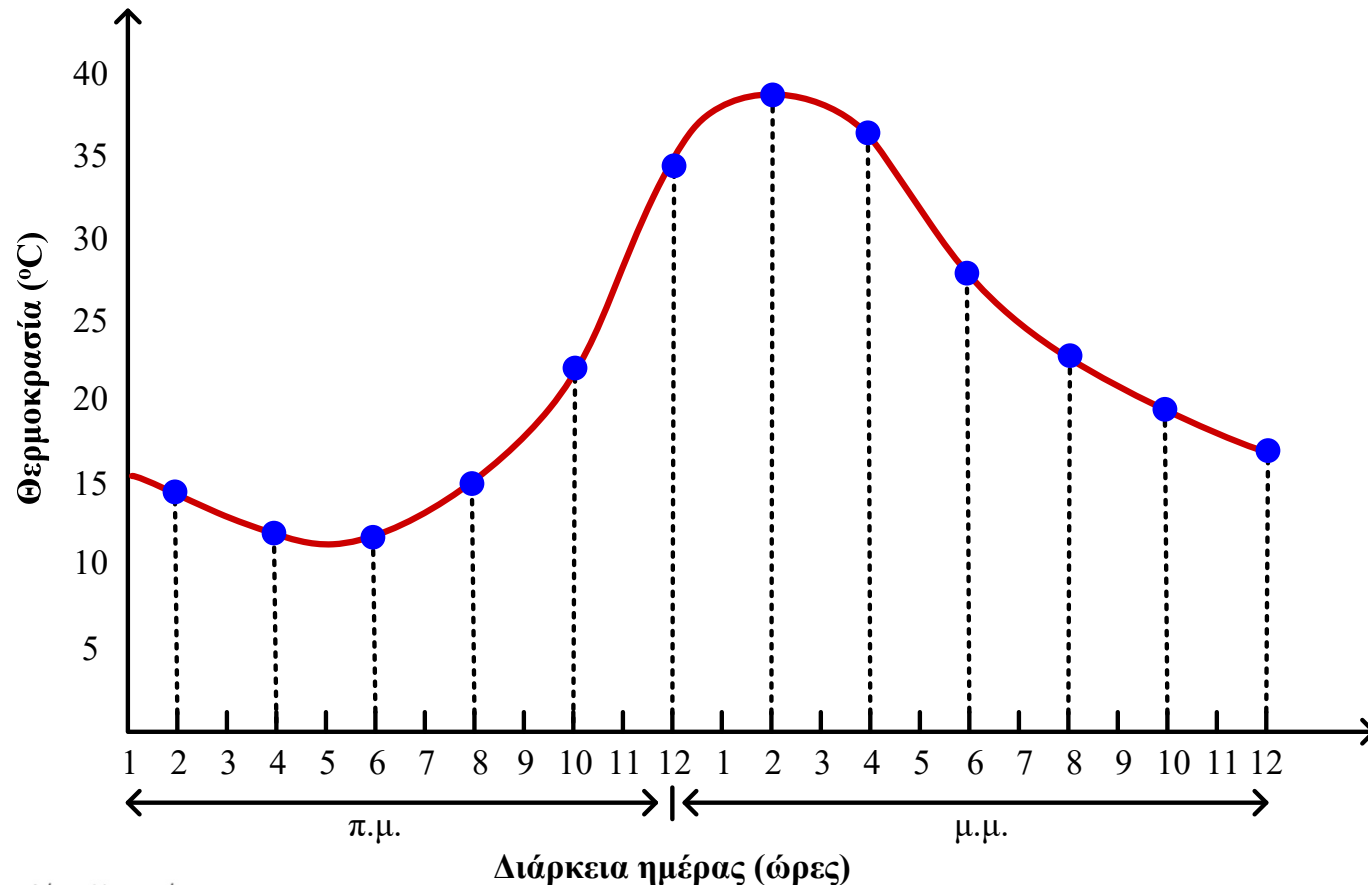
Παράδειγμα μετατροπής

Γραφική παράσταση της διακύμανσης της θερμοκρασίας



Παράδειγμα μετατροπής

Υποθέστε στη συνέχεια ότι μετράμε την τιμή της θερμοκρασίας ανά δώρο. Αυτό έχει αποτέλεσμα τη λήψη δώδεκα διακριτών δειγμάτων που παριστάνουν την τιμή της θερμοκρασίας σε διακριτές χρονικές στιγμές.



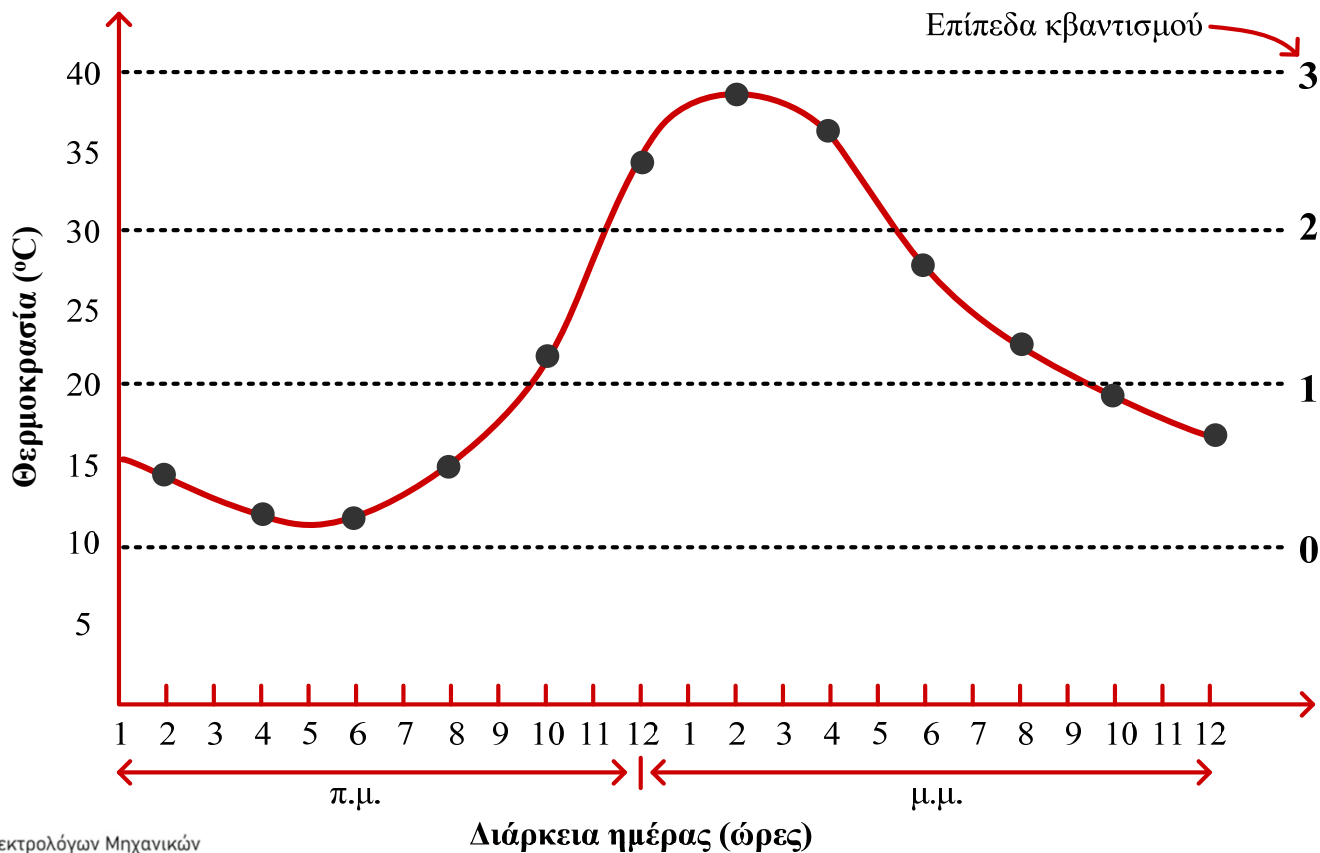
Παράδειγμα μετατροπής

Η διαδικασία με την οποία παράγουμε ένα διακριτό από ένα συνεχές σήμα ονομάζεται **δειγματοληψία** και προκύπτει από την καταγραφή των τιμών του συνεχούς σήματος σε μια σειρά από διακριτά και ισαπέχοντα σημεία στο χρόνο (ομοιόμορφη δειγματοληψία).

Η δειγματοληψία δημιουργεί διακριτοποίηση του σήματος στο χρόνο. Οι τιμές των δειγμάτων (πλάτος σήματος) όμως μπορούν να είναι οποιεσδήποτε.

Παράδειγμα μετατροπής

Στη συνέχεια καθορίζουμε 4 επίπεδα θερμοκρασίας που διαφέρουν κατά 10 °C. Τα επίπεδα αυτά καλύπτουν την περιοχή τιμών που λαμβάνει η θερμοκρασία. Με αυτόν τον τρόπο κάθε δείγμα (μέτρηση στιγμιαίας θερμοκρασίας) μπορεί να αντιστοιχιστεί σε κάποιο από τα 4 επίπεδα.

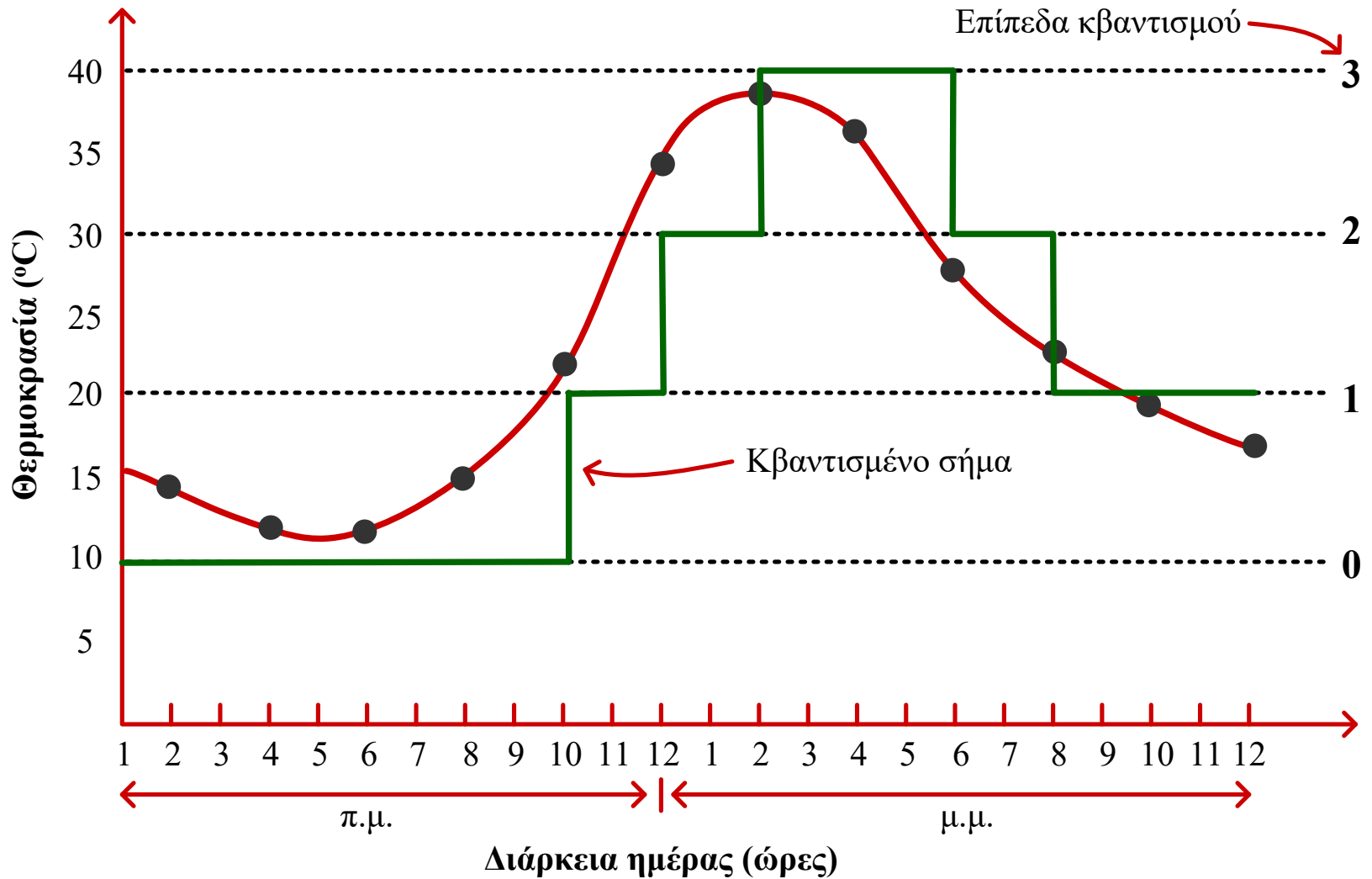


Παράδειγμα μετατροπής

Η διαδικασία αντιστοίχισης των δειγμάτων σε πεπερασμένο πλήθος επιπέδων, ονομάζεται **κβαντισμός**.

Κατά τη διαδικασία του κβαντισμού, επομένως, κάθε δείγμα πρέπει να αντιστοιχιστεί στο πλησιέστερο επίπεδο.

Παράδειγμα μετατροπής



Παράδειγμα μετατροπής

Το πλήθος των επιπέδων κβαντισμού M συνδέεται με το πλήθος N των bits που αφιερώνεται για την **κωδικοποίηση** (περιγραφή) τους με τη σχέση: $M = 2^N$.

Στο παράδειγμά μας έχουμε 4 επίπεδα κβαντισμού της θερμοκρασίας ($M = 4 = 2^2$), επομένως χρειαζόμαστε 2 bits ($N = 2$), για να τα κωδικοποιήσουμε.

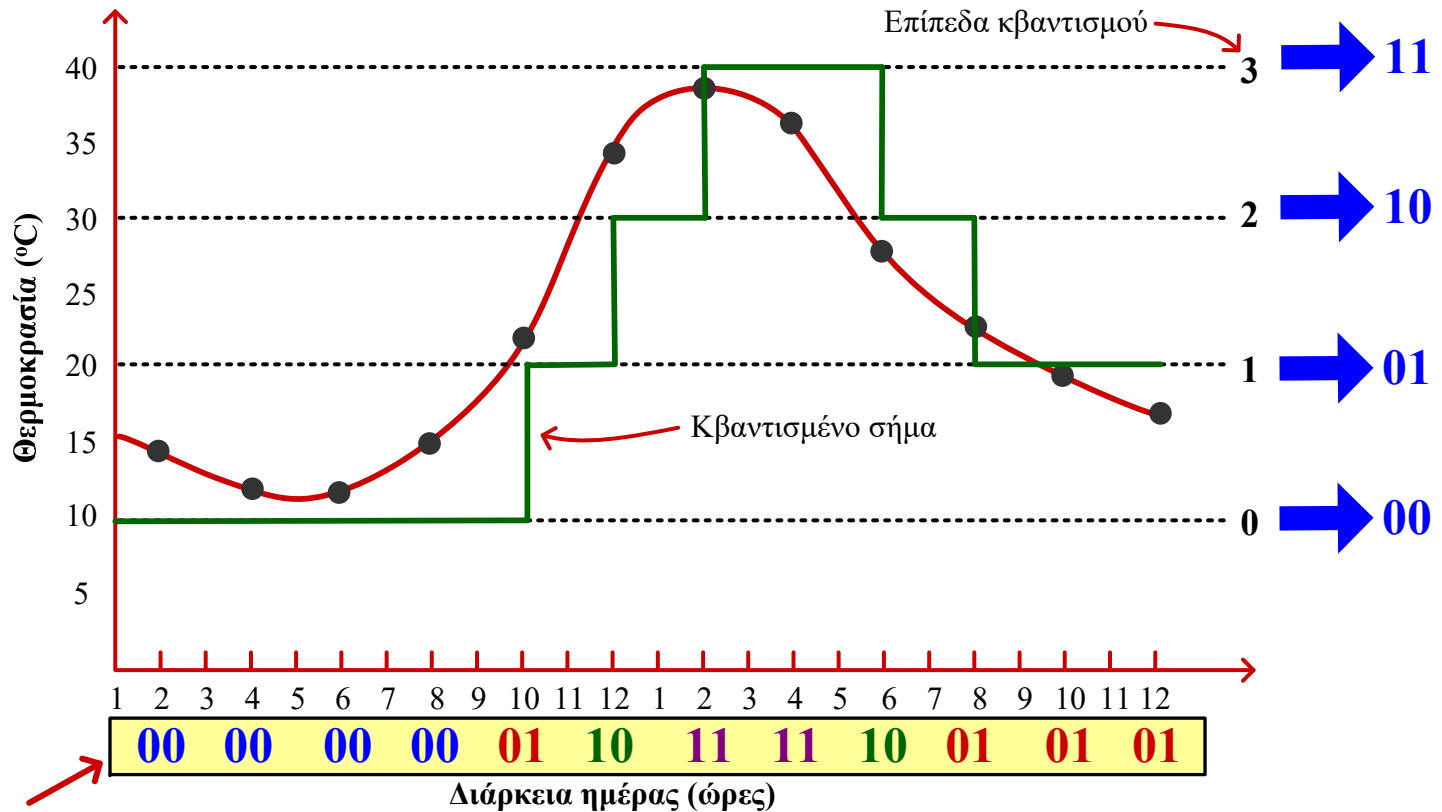
Παράδειγμα μετατροπής

Περιοχή κβαντισμού $R = 40 - 10 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$

Πλήθος επιπέδων κβαντισμού $L = 4$

Απόσταση επιπέδων κβαντισμού $\Delta = R / L - 1 = 30 / (4 - 1) = 10 \text{ }^\circ\text{C}$

Μέγιστο σφάλμα κβαντισμού $= \Delta / 2 = 10 / 2 = 5 \text{ }^\circ\text{C}$



Ακολουθία ψηφιακού σήματος

Παράδειγμα μετατροπής

Αφού αντιστοιχίσαμε κάθε δείγμα θερμοκρασίας με ένα πεπερασμένο πλήθος ψηφίων, επιτελέσαμε τη διαδικασία που αναφέρεται ως **ψηφιοποίηση (digitization)**, αποτέλεσμα της οποίας είναι η **ψηφιακή παράσταση** της θερμοκρασίας, δηλαδή μια απλή ακολουθία δυαδικών ψηφίων που αναπαριστά το μέγεθος των διαδοχικών δειγμάτων.

Παράδειγμα μετατροπής

Το ψηφιακό σήμα που προέκυψε δεν αποτελεί ακριβή προσέγγιση του αναλογικού σήματος.

Όσο μεγαλύτερο είναι το πλήθος των επιπέδων κβαντισμού που χρησιμοποιούμε, τόσο ακριβέστερη θα είναι η προσέγγιση του ψηφιακού προς το αναλογικό σήμα.

Στο παράδειγμά μας, μπορούμε να βελτιώσουμε την προσέγγιση εάν ορίσουμε 8 επίπεδα κβαντισμού (ανά 5 °C).

Στην περίπτωση αυτή απαιτούνται $N = 3$ bits ($8 = 2^3$) για να τα κωδικοποιήσουμε.

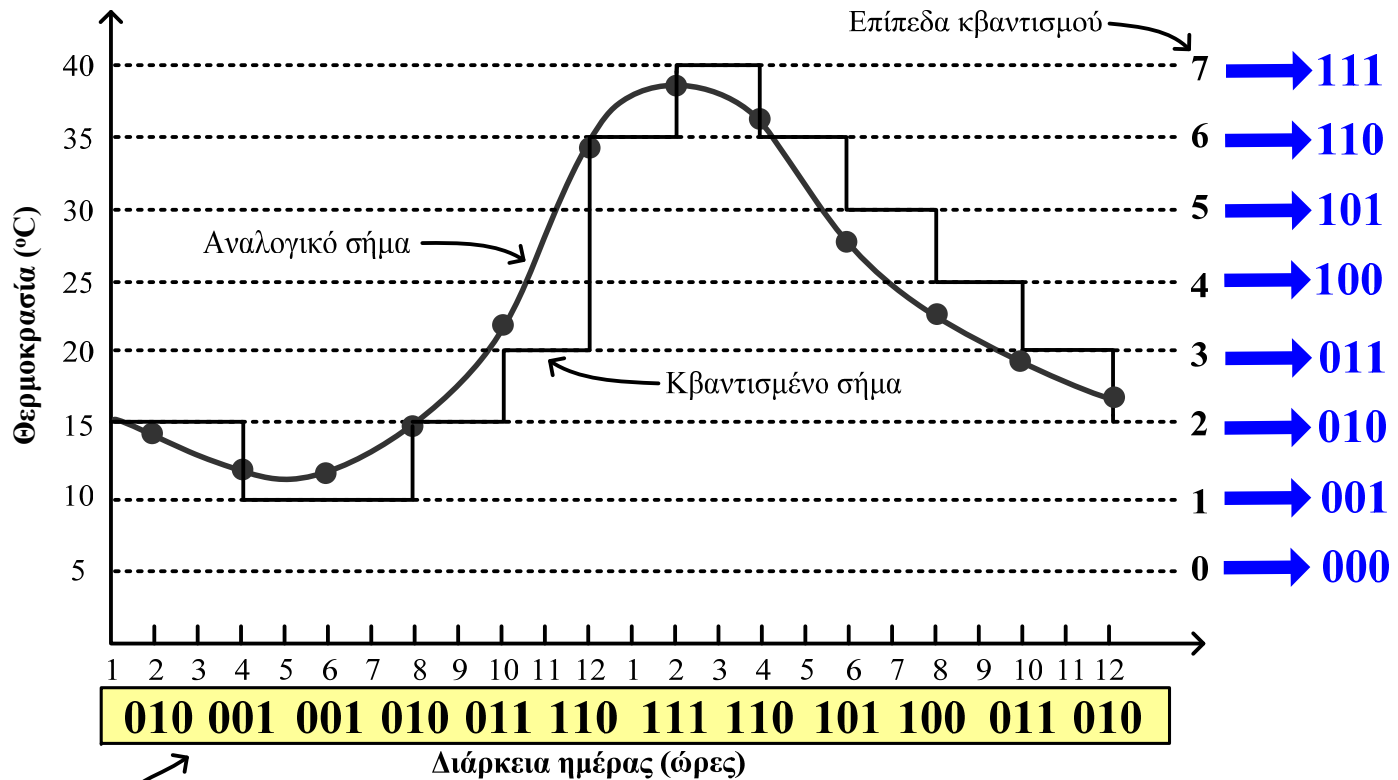
Παράδειγμα μετατροπής

Περιοχή κβαντισμού $R = 40 - 5 = 35 \text{ }^\circ\text{C}$

Πλήθος επιπέδων κβαντισμού $L = 8$

Απόσταση επιπέδων κβαντισμού $\Delta = R / L - 1 = 35 / 8 - 1 = 5 \text{ }^\circ\text{C}$

Μέγιστο σφάλμα κβαντισμού $= \Delta / 2 = 5 / 2 = 2,5 \text{ }^\circ\text{C}$



Ακολουθία ψηφιακού
σήματος

Ψηφιακά συστήματα

Η πρόοδος στον τομέα των ηλεκτρονικών και της πληροφορικής, έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη ψηφιακών συστημάτων και υπηρεσιών που χρησιμοποιούνται σε διάφορα είδη υπολογιστών και σε διάφορες εφαρμογές (κινητή τηλεφωνία, ευρυζωνικά δίκτυα, τηλεόραση, συστήματα αναπαραγωγής ήχου, φωτογραφικές μηχανές, κάμερες, πλατφόρμες ηλεκτρονικών παιχνιδιών, ιατρική κ.ά.)

Τα **ψηφιακά συστήματα** επεξεργάζονται μεγέθη ή δεδομένα που παριστάνονται με ψηφιακό τρόπο (δηλαδή λαμβάνουν διακριτές τιμές σε μία ορισμένη περιοχή τιμών).

Η ψηφιακή επεξεργασία αφορά μετασχηματισμούς των δεδομένων που το ψηφιακό σύστημα λαμβάνει στις εισόδους του, το αποτέλεσμα των οποίων παρέχεται στις εξόδους του συστήματος.

Ψηφιακά συστήματα

Στα ψηφιακά συστήματα τα διακριτά στοιχεία πληροφορίας παριστάνονται με ποσότητες (**ψηφιακά σήματα**) τα οποία έχουν τη μορφή **διακριτών τιμών ηλεκτρικής τάσης**.

Τα **ψηφιακά σήματα** είναι συνήθως **δυναμικά σήματα ηλεκτρικής τάσης**, χρησιμοποιούν, δηλαδή, **δύο διακριτές τιμές ή καταστάσεις**, οι οποίες αναφέρονται και ως **στάθμες**.

Η χαμηλή και η υψηλή στάθμη ενός δυναμικού σήματος αντιστοιχούν σε δύο διακριτές τιμές τάσης (π.χ. 0 και 3,3 Volts, αντίστοιχα), με τις ενδιάμεσες τιμές να είναι πρακτικά μη υπαρκτές. Οι **δύο στάθμες** εκφράζονται με **δύο λογικές τιμές**, τη λογική τιμή **0** και τη λογική τιμή **1**, αντίστοιχα.

Ψηφιακά συστήματα

Στην πραγματικότητα, στα ψηφιακά συστήματα, στη λογική τιμή 1 δεν αντιστοιχεί μία τιμή (στάθμη) τάσης αλλά μία **περιοχή τάσης** και στη λογική τιμή 0 αντιστοιχεί μία δεύτερη **περιοχή τάσης**, μη επικαλυπτόμενη με την πρώτη.

Συνεπώς, μία τάση των 2.5 V γίνεται αποδεκτή από το ψηφιακό κύκλωμα ως λογική τιμή 1, ενώ μία τάση του 0.5 V ως λογική τιμή 0.



Ψηφιακά συστήματα

Η τιμή της τάσης στις εισόδους ή τις εξόδους ενός ψηφιακού κυκλώματος μπορεί να βρεθεί ανάμεσα στις δύο περιοχές μόνο κατά τη διάρκεια της μετάβασης μεταξύ των δύο περιοχών τάσης.

Είναι σημαντικό οι περιοχές τάσεων που αντιστοιχούν στις δύο λογικές τιμές να είναι όσο το δυνατόν ευρύτερες, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η **στιβαρότητα των ψηφιακών κυκλωμάτων**, όσον αφορά την αλλοίωση των τιμών των σημάτων τους, λόγω της παρουσίας θορύβου.

Ψηφιακά συστήματα

Τα ψηφιακά συστήματα συνίστανται σε ψηφιακά ηλεκτρονικά κυκλώματα, στα οποία οι βασικές πράξεις μεταξύ δυαδικών σημάτων επιτελούνται από απλά δομικά στοιχεία που αναφέρονται ως **λογικές πύλες (logic gates)**.

Οι λογικές πύλες ανταποκρίνονται στις δύο προαναφερθείσες στάθμες τάσης και υλοποιούνται με διασυνδεδεμένα ηλεκτρονικά στοιχεία που ονομάζονται **τρανζίστορ (transistor)**.

Το σημαντικότερο **πλεονέκτημα** των στοιχείων αυτών, σε σχέση με το χειρισμό δυαδικών σημάτων, είναι ότι έχουν τη δυνατότητα να λειτουργούν ως διακόπτες, παρουσιάζοντας **δύο επιτρεπτές καταστάσεις λειτουργίας** αντίστοιχες με τις λογικές τιμές 0 και 1.

Ψηφιακά συστήματα

Υπάρχουν αρκετοί σημαντικοί λόγοι για τους οποίους τα ψηφιακά συστήματα χρησιμοποιούνται στην πλειονότητα των σύγχρονων εφαρμογών, έναντι των αναλογικών συστημάτων.

Τα **σύγχρονα ψηφιακά συστήματα** είναι **προγραμματιζόμενα** και παρέχουν **ευελιξία**, αφού η ίδια πλατφόρμα υλικού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορες εφαρμογές.

Η αλματώδης πρόοδος της τεχνολογίας των ψηφιακών ολοκληρωμένων κυκλωμάτων έχει επιφέρει δραματική **μείωση του κόστους** των ψηφιακών συστημάτων.

Το πλήθος των τρανζίστορ που μπορούν να ολοκληρωθούν σε μια ψηφίδα πυριτίου αυξάνεται διαρκώς, με αποτέλεσμα, εκτός από τη μείωση του κόστους των ψηφιακών συστημάτων, τη **δυνατότητα των ψηφιακών συστημάτων για εκτέλεση όλο και πιο περίπλοκων λειτουργιών**.

Ψηφιακά συστήματα

Τα ψηφιακά συστήματα που δομούνται από ψηφιακά ολοκληρωμένα κυκλώματα, μπορούν να λειτουργήσουν σε **υψηλές ταχύτητες** (εκτέλεση εκατοντάδων εκατομμυρίων πράξεων ανά δευτερόλεπτο).

Παρέχουν επίσης, υψηλή **αξιοπιστία** και **ακρίβεια** κατά την **επεξεργασία, αποθήκευση και μεταφορά δεδομένων**, μέσω των δυνατοτήτων ανίχνευσης και διόρθωσης σφαλμάτων που διαθέτουν.

Το **βασικό μειονέκτημα** των ψηφιακών συστημάτων είναι η ανάγκη για **μετατροπή** της κατά φύση αναλογικής μορφής των μεγεθών σε ψηφιακή, που εισάγει **σφάλματα** και οδηγεί σε πρόσθετη **καθυστέρηση, πολυπλοκότητα και κόστος**.