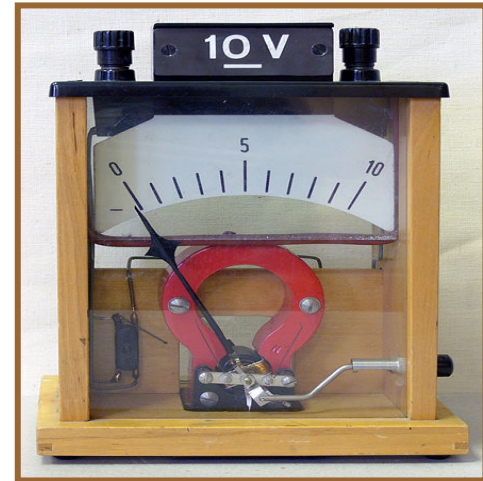


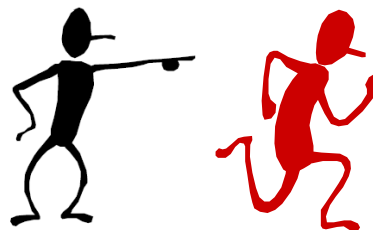
# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ & ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ

Λάμπρος Μπισδούνης  
Καθηγητής



2<sup>η</sup> ενότητα

ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ & ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ  
ΣΥΛΛΟΓΗΣ & ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

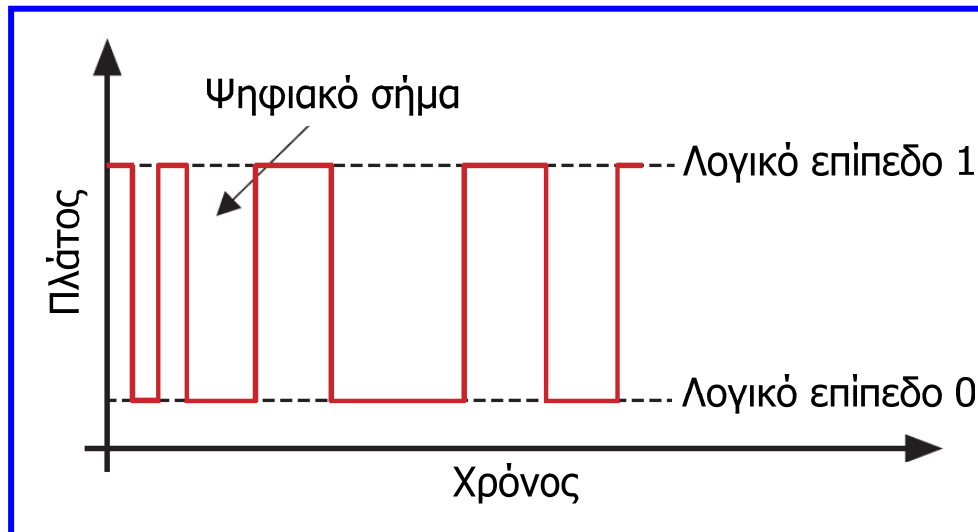
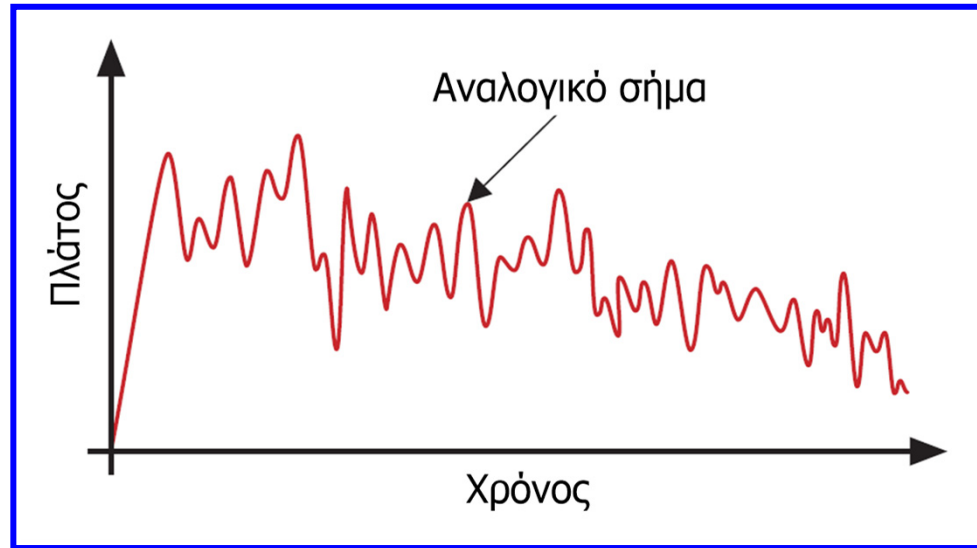
# Περιεχόμενα 2<sup>ης</sup> ενότητας

- Το τελικό τμήμα κάθε απλού συστήματος μέτρησης είναι η μονάδα απεικόνισης ή η μονάδα καταγραφής των τιμών που μετρούνται. Το πρώτο μέρος της ενότητας περιγράφει τη λειτουργία **μονάδων** (οργάνων) **απεικόνισης** και **καταγραφής**.
- Λόγω του ότι, στις σύγχρονες εφαρμογές, η απεικόνιση και η καταγραφή δεδομένων μετρήσεων γίνεται με επεξεργαστή ή υπολογιστή, στο δεύτερο μέρος της ενότητας αναλύεται η δομή και η λειτουργία των **συστημάτων συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων μετρήσεων (data acquisition and processing systems)**.
- Εισαγωγή στις μονάδες απεικόνισης και καταγραφής.
- Αναλογικές μονάδες απεικόνισης (μετρητής ή όργανο κινητού πηνίου, μετρητής αντίστασης, μετρητής κινητού οπλισμού, παλμογράφος) και ψηφιακές μονάδες απεικόνισης (με διόδους φωτοεκπομπής, LED, με υγρούς κρυστάλλους, LCD).
- Μονάδες καταγραφής: κινητού πηνίου, σερβομηχανισμού, σχεδιογράφος (plotter) ΧΥ, υπεριώδους φωτός, θερμικές.
- Συστήματα συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων μετρήσεων: βασική δομή και αρχιτεκτονικές συστημάτων συλλογής και επεξεργασίας, συστήματα που βασίζονται σε μικροεπεξεργαστή, συστήματα που βασίζονται σε Η/Υ, κάρτες DAQ (data acquisition boards), διεπικοινωνία συστημάτων μέτρησης, συστήματα διαύλου πεδίου (fieldbuses), έξυπνοι αισθητήρες.
- Συμπεράσματα.

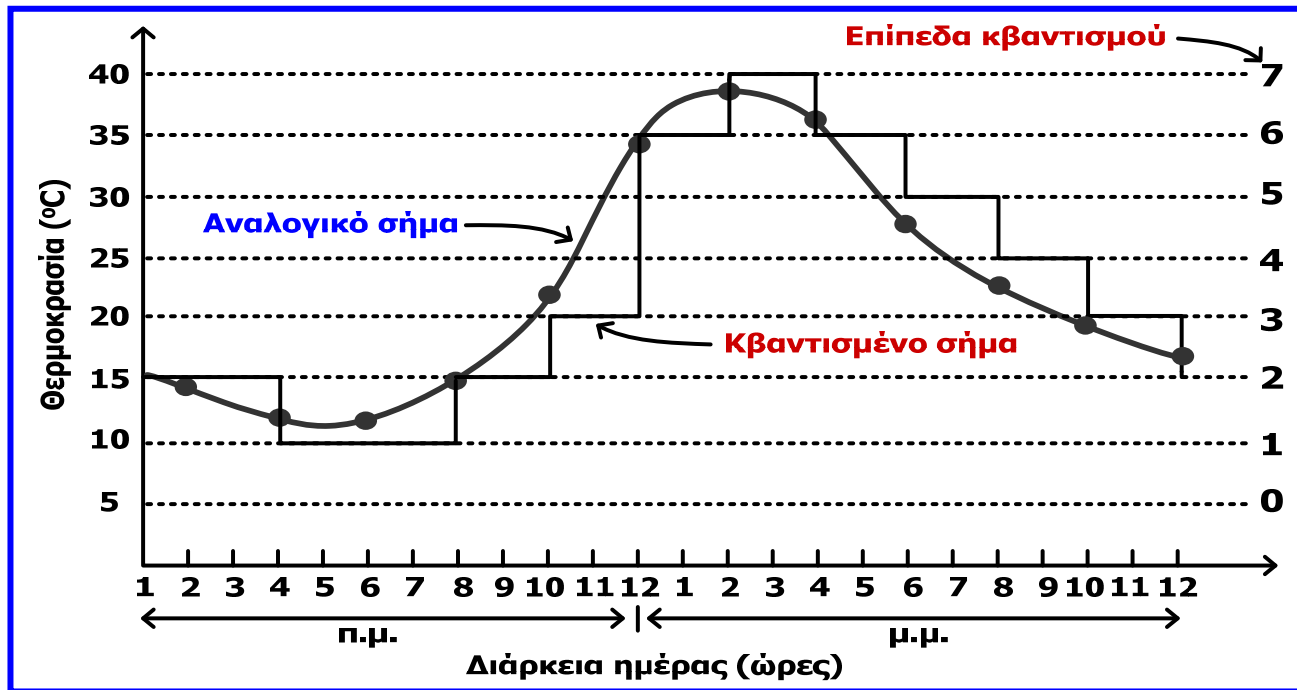
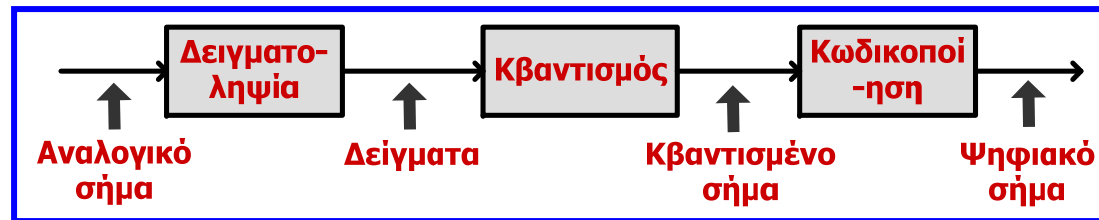
# Εισαγωγή στις μονάδες απεικόνισης & καταγραφής

- Στα συστήματα μέτρησης είναι σημαντικό να επιλέξουμε μία μονάδα απεικόνισης ή καταγραφής που να είναι συμβατή με το υπόλοιπο σύστημα, όσον αφορά κυρίως την ακρίβεια των μετρήσεων, ώστε να παρέχουν την ποιοτική έξοδο που επιθυμεί ο χρήστης.
- Το σφάλμα στην τιμή που τελικά παρουσιάζεται ή καταγράφεται ισούται με το γινόμενο των σφαλμάτων στα επιμέρους τμήματα του συστήματος.
- Τα σήματα που χειρίζονται οι μονάδες απεικόνισης και καταγραφής των συστημάτων μέτρησης είναι δύο τύπων: αναλογικά και ψηφιακά.
- **Αναλογικό σήμα** είναι αυτό που μεταβάλλεται χρονικά με τρόπο ανάλογο προς τη μετρούμενη ποσότητα.
- **Ψηφιακό σήμα** είναι η αναπαράσταση ενός αριθμού με μία σειρά διακριτών παλμών.
- Τα ηλεκτρικά **ψηφιακά σήματα** στα **συστήματα μέτρησης** είναι **δυσδικά**, που σημαίνει ότι κάθε παλμός λαμβάνει μία τιμή τάσης μεταξύ δύο διαθέσιμων τιμών (λογικό 0: χαμηλή τιμή ή στάθμη τάσης, λογικό 1: υψηλή τιμή ή στάθμη τάσης).

# Αναλογικό και ψηφιακό σήμα



# Μετατροπή αναλογικού μεγέθους σε ψηφιακό



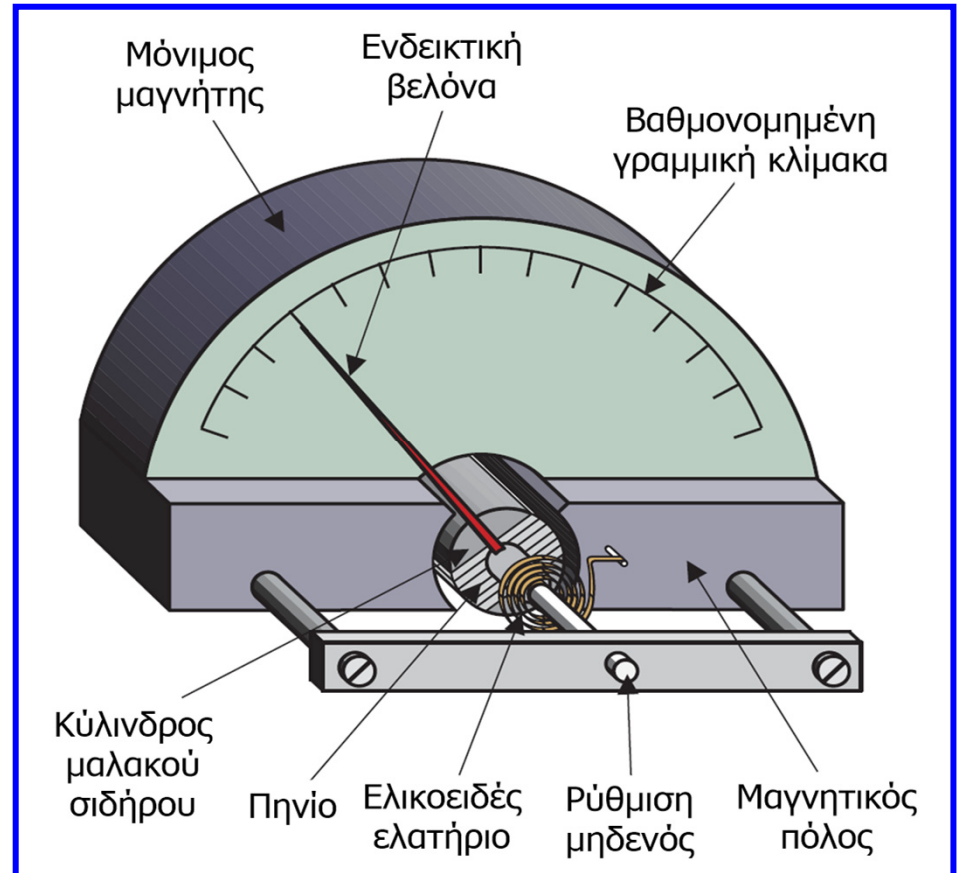
Τα δείγματα αντιστοιχούν στα επίπεδα 2, 1, 1, 2, 3, 6, 7, 6, 5, 4, 3, 2 και κωδικοποιώντας τα επίπεδα 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 και 7 με τους συνδυασμούς δυαδικών ψηφίων 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111, αντίστοιχα, προκύπτει η ψηφιακή παράσταση της θερμοκρασίας:  
010 001 001 010 011 110 111 110 101 100 011 010.

# Αναλογικές και ψηφιακές μονάδες απεικόνισης

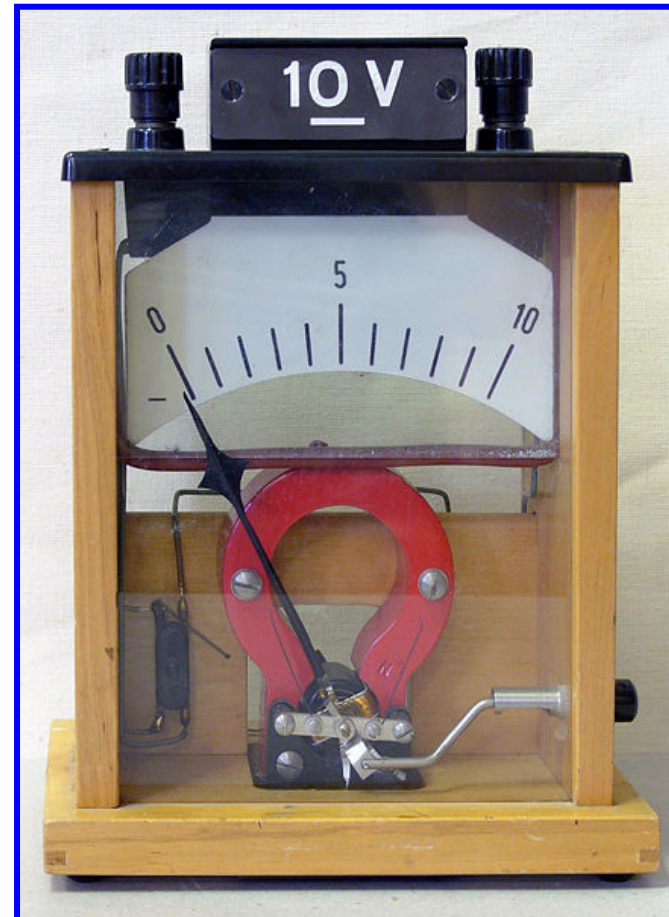
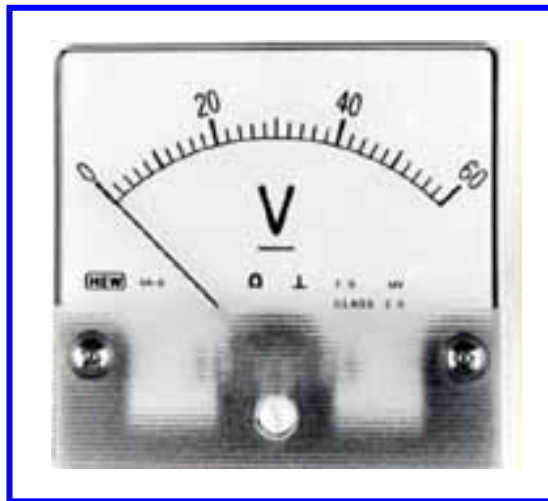
- Οι **μονάδες απεικόνισης** (ή **ενδείκτες, displays**) εμφανίζουν μία στιγμιαία ορατή ένδειξη ενός σήματος που προέρχεται από έναν αισθητήρα, χωρίς να την αποθηκεύουν για μετέπειτα χρήση.
- Οι μονάδες αυτές λειτουργούν σε **πραγματικό χρόνο (real time)**, δηλαδή αποκρίνονται με την ελάχιστη δυνατή καθυστέρηση στις διεγέρσεις που τις επηρεάζουν.
- Οι **αναλογικές μονάδες απεικόνισης** (ή **αναλογικοί ενδείκτες**) εμφανίζουν το ρυθμισμένο σήμα που παράγεται από κάποιο αισθητήρα, ως απόκλιση μιας βελόνας ή ως μία κυματομορφή που είναι ανάλογη του μεγέθους της μετρούμενης ποσότητας.
- Βασικές αναλογικές μονάδες απεικόνισης: **μετρητής (όργανο) κινητού πηνίου, μετρητής αντίστασης, μετρητής κινητού οπλισμού, παλμογράφος.**
- Οι **ψηφιακές μονάδες απεικόνισης** (ή **ψηφιακοί ενδείκτες**) εμφανίζουν το ρυθμισμένο σήμα που παράγεται από κάποιο αισθητήρα ως αριθμητική τιμή που είναι επίσης ανάλογη της μετρούμενης ποσότητας.
- Βασικές ψηφιακές μονάδες απεικόνισης: με **διόδους φωτοεκπομπής (LED)**, με **υγρούς κρυστάλλους (LCD)**.

# Μετρητής (όργανο) κινητού πηνίου

- Μονάδα (όργανο) απεικόνισης (**moving-coil meter**) που αποτελεί τη **βάση** των **αναλογικών αμπερόμετρων**, **βολτόμετρων** και **πολύμετρων**.
- Όταν το πηνίο διαρρέεται από ρεύμα, δημιουργείται αλληλεπίδραση με τη μαγνητική ροή του μαγνητικού πεδίου των δύο πόλων και το σύστημα πηνίο-κύλινδρος-βελόνα κινείται.
- Η κίνηση της βελόνας είναι ανάλογη του μεγέθους της τάσης ή του ρεύματος που μετρά το όργανο (**γραμμική κλίμακα**).
- Το ελατήριο εμποδίζει τη συνεχή περιστροφή του κυλίνδρου και όταν η ροπή που παράγεται από το ελατήριο γίνει ίση με τη ροπή που παράγεται από το πηνίο, η βελόνα ακινητοποιείται σε μία θέση, η οποία με τη βοήθεια κατάλληλα βαθμονομημένης κλίμακας αντιστοιχεί στο ρεύμα ή την τάση που μετριέται.
- Για **μέτρηση τάσης** χρησιμοποιείται **πηνίο μεγάλης αντίστασης**, ενώ για **μέτρηση ρεύματος** **πηνίο μικρής αντίστασης**, για να μην επηρεάζονται τα προς μέτρηση κυκλώματα.



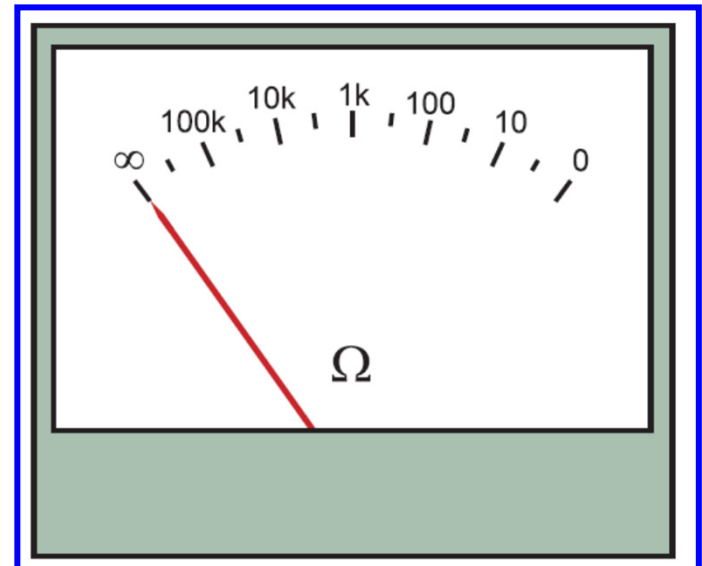
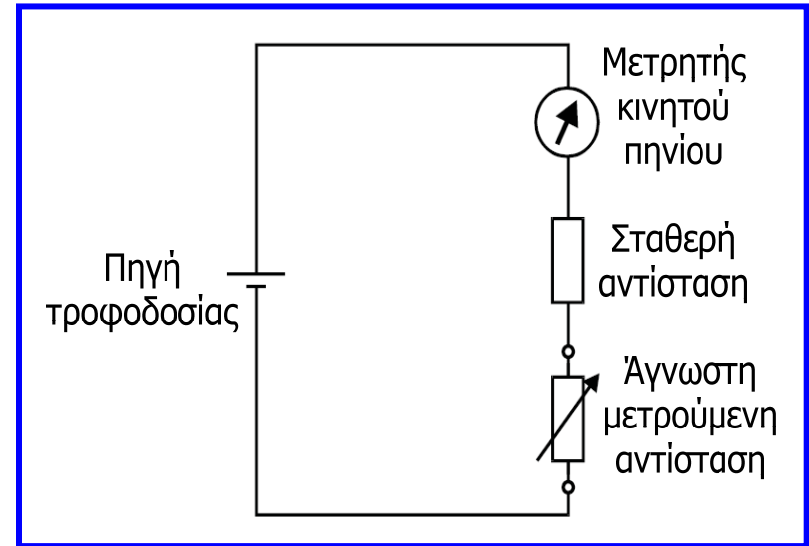
# Μετρητής (όργανο) κινητού πηνίου





# Μετρητής αντίστασης (ωμόμετρο)

- Αποτελείται από ένα **μετρητή κινητού πηνίου**, ο οποίος διαθέτει **ενσωματωμένη τροφοδοσία**.
- Το ρεύμα που διαρρέει το όργανο είναι αντιστρόφως ανάλογο της αντίστασης που μετριέται, οπότε ο μετρητής μπορεί να βαθμονομηθεί σε μονάδες αντίστασης ( $\Omega$ ).
- Η κλίμακα δεν είναι γραμμική και έχει αντίθετη κατεύθυνση από τις κλίμακες ρεύματος και τάσης.
- Η σύνδεση των 2 ακροδεκτών μεταξύ τους προκαλεί την πλήρη απόκλιση της βελόνας (αντίσταση 0).
- Όταν οι 2 ακροδέκτες δε συνδέονται πουθενά, η ένδειξη θα γίνει  $\infty$ .

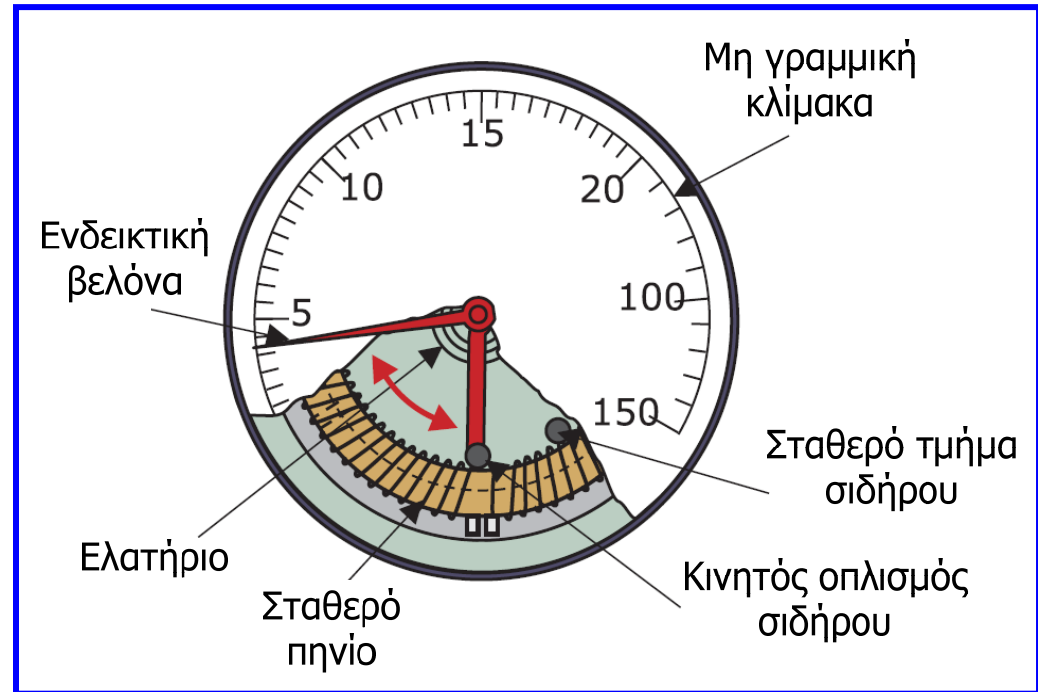


# Μετρητής αντίστασης (ωμόμετρο)



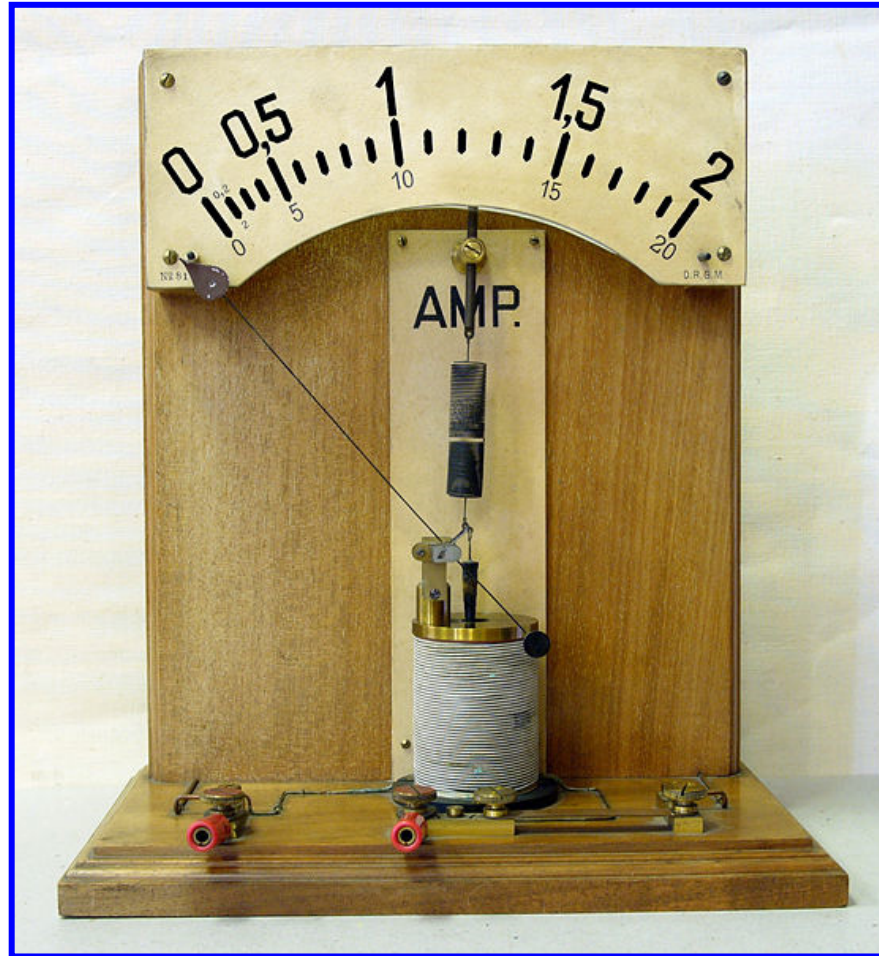
# Μετρητής κινητού οπλισμού

- Η αρχή λειτουργίας του βασίζεται στο γεγονός ότι όταν ένα κομμάτι μαλακού σιδήρου μαγνητιστεί λόγω ρεύματος μπορεί να ασκήσει ελκτική ή απωστική δύναμη.
- Όταν το ρεύμα αυξάνεται, η μαγνητική ροή μεγαλώνει και αυξάνεται αναλογικά η εμφανιζόμενη δύναμη.
- Όταν το σταθερό πηνίο διαρρέεται από ρεύμα τα 2 κομμάτια σιδήρου μαγνητίζονται, απωθούνται και η ενδεικτική βελόνα κινείται.
- Όταν η ροπή επαναφοράς που δημιουργεί το ελατήριο γίνει ίση με τη ροπή που δημιουργεί η απωστική δύναμη, τότε η βελόνα ηρεμεί.



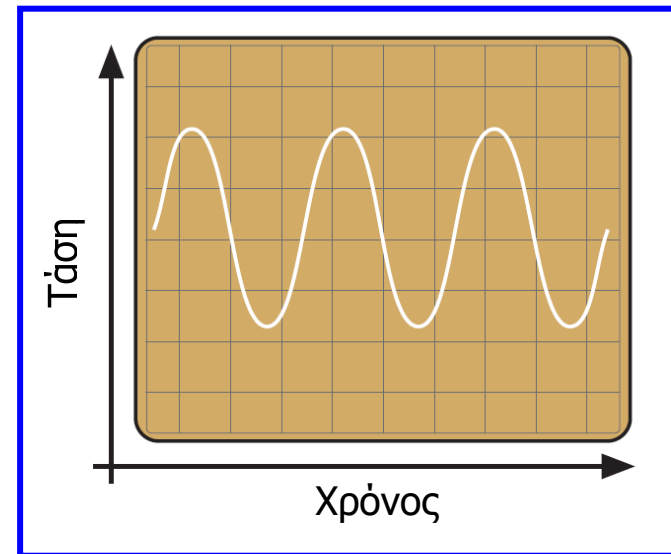
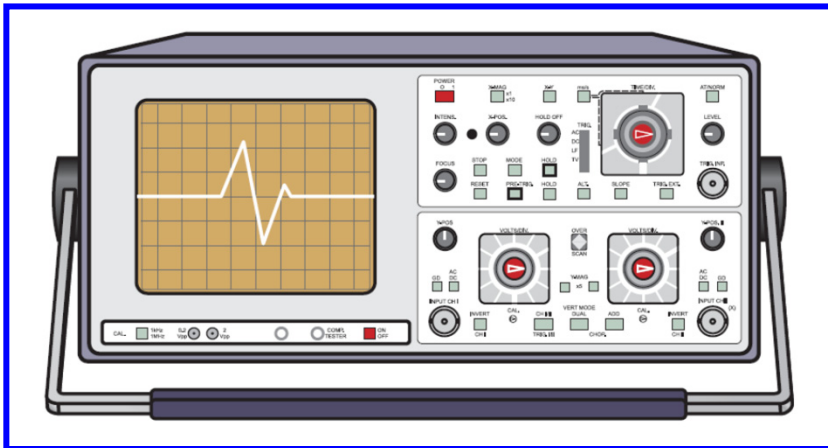
- Με τη βοήθεια κατάλληλων κλιμάκων βαθμονομημένων σε μονάδες τάσης ή ρεύματος μπορούμε από τη θέση της βελόνας να προσδιορίσουμε την τιμή της ζητούμενης τάσης ή ρεύματος.
- Οι κλίμακες του οργάνου είναι μη γραμμικές και το όργανο έχει μικρότερο κόστος και μικρότερη ακρίβεια από το όργανο κινητού πηνίου.

# Μετρητής κινητού οπλισμού



# Παλμογράφος

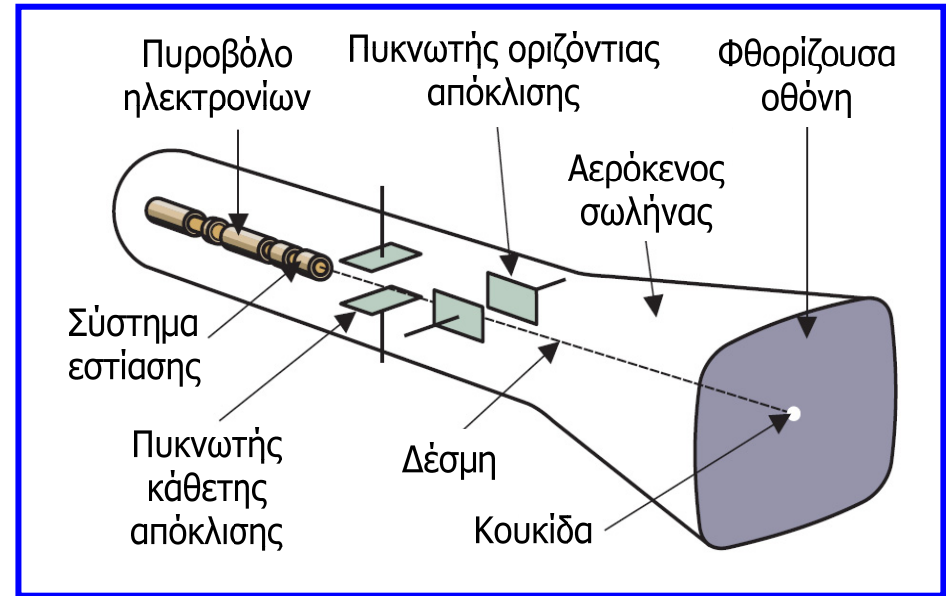
- Ο παλμογράφος (ταλαντωσκόπιο, **oscilloscope**), χρησιμοποιείται για τη λεπτομερή απεικόνιση των ηλεκτρικών σημάτων που παράγουν οι αισθητήρες.
- Εμφανίζει τα ηλεκτρικά σήματα ως κυματομορφές με εξαιρετική ακρίβεια, απεικονίζοντας στον οριζόντιο άξονα το χρόνο.



- Για την απεικόνιση των σημάτων χρησιμοποιεί έναν καθοδικό σωλήνα (cathode ray tube) στον οποίο επικρατούν συνθήκες κενού και κατά μήκος του οποίου διέρχεται μία συνεχής δέσμη ηλεκτρονίων που δημιουργείται από συσκευή που λέγεται πυροβόλο ηλεκτρονίων (electron gun).

# Παλμογράφος

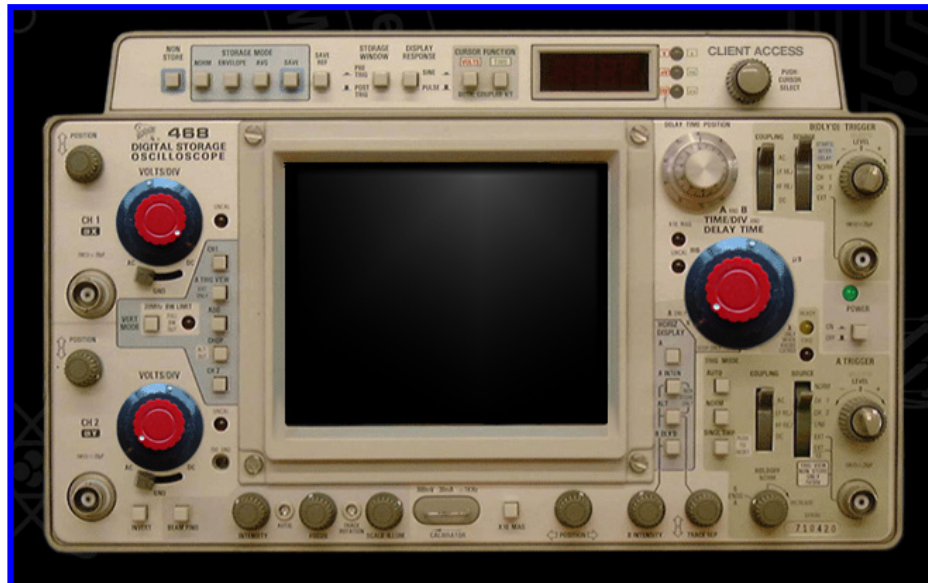
- Στο σημείο της φθορίζουσας οθόνης που προσπίπτει η δέσμη σχηματίζεται μία φωτεινή κουκίδα.
- Η δέσμη μπορεί να κινείται κατά την οριζόντια και την κατακόρυφη διεύθυνση με τη βοήθεια δύο τάσεων που εφαρμόζονται σε δύο ζεύγη πυκνωτών στο εσωτερικό του σωλήνα και αναγκάζουν τη δέσμη να αποκλίνει.



- Το προς μέτρηση σήμα μεταφέρεται στον παλμογράφο με δύο ακροδέκτες και μεταβιβάζεται στον πυκνωτή κατακόρυφης απόκλισης.
- Ταυτόχρονα, μία εσωτερική τάση που αυξάνει γραμμικά εφαρμόζεται στον άλλο πυκνωτή και αναγκάζει τη δέσμη να κινείται οριζόντια από αριστερά προς δεξιά, παρέχοντας ένα γραμμικό άξονα που μπορεί να βαθμολογηθεί σε μονάδες χρόνου.
- Η εσωτερική τάση αυξάνει γραμμικά και όταν φτάσει σε μία μέγιστη τιμή γίνεται μηδέν και ξαναρχίζει να αυξάνει γραμμικά (**πριονωτή τάση**).

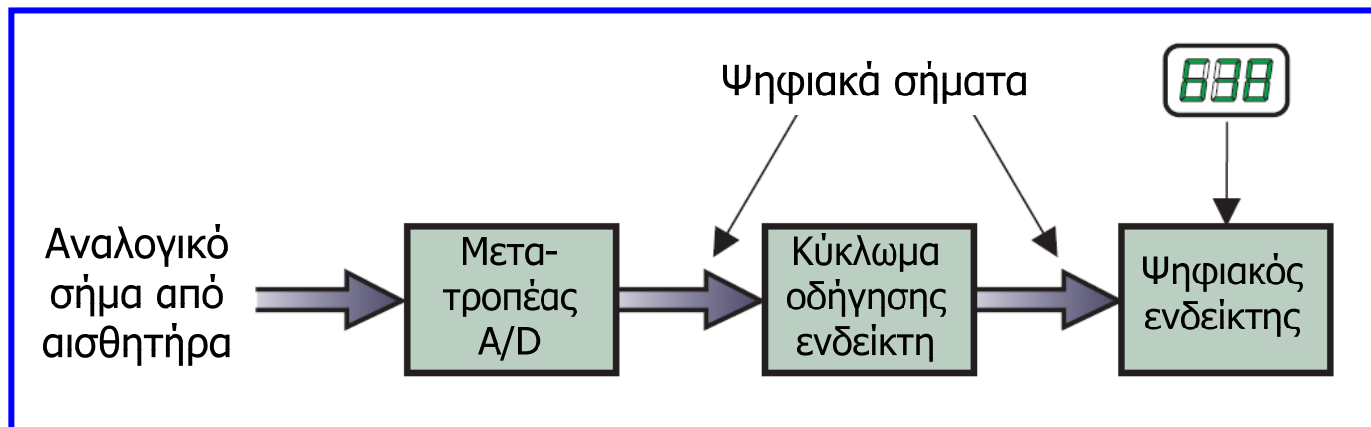
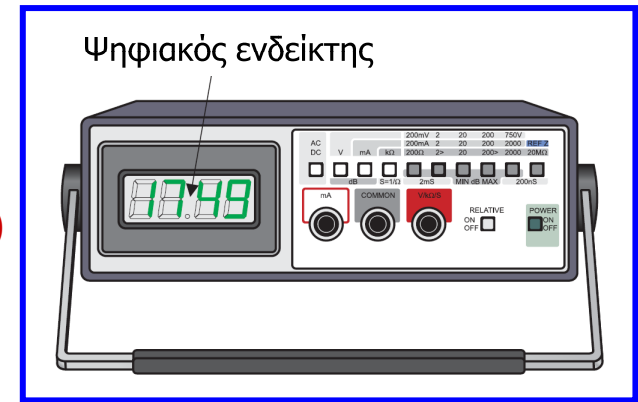


# Παλμογράφος



# Ψηφιακές μονάδες απεικόνισης

- Οι **ψηφιακές μονάδες απεικόνισης** (ή **ψηφιακοί ενδείκτες**) εμφανίζουν το ρυθμισμένο σήμα που παράγεται από κάποιον αισθητήρα ως αριθμητική τιμή που είναι επίσης ανάλογη της μετρούμενης ποσότητας.
- Χαρακτηρίζονται από έναν **ρυθμό ανανέωσης (refresh rate)** με τον οποίο ανανεώνουν την τιμή που εμφανίζουν, σε αντίθεση με τις αναλογικές συσκευές στις οποίες το σήμα απεικονίζεται διαρκώς και άρα η τιμή του ανανεώνεται διαρκώς (άπειρος ρυθμός ανανέωσης).
- Το ηλεκτρονικό κύκλωμα που μετατρέπει το σήμα εξόδου του αισθητήρα σε μία ψηφιακή ένδειξη, χρησιμοποιεί έναν **μετατροπέα αναλογικού σε ψηφιακό σήμα (ADC)** και ένα **κύκλωμα οδήγησης**.



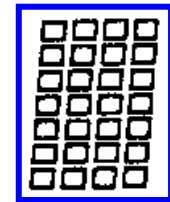
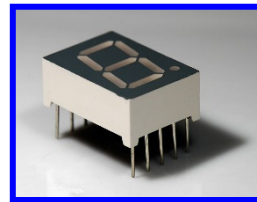
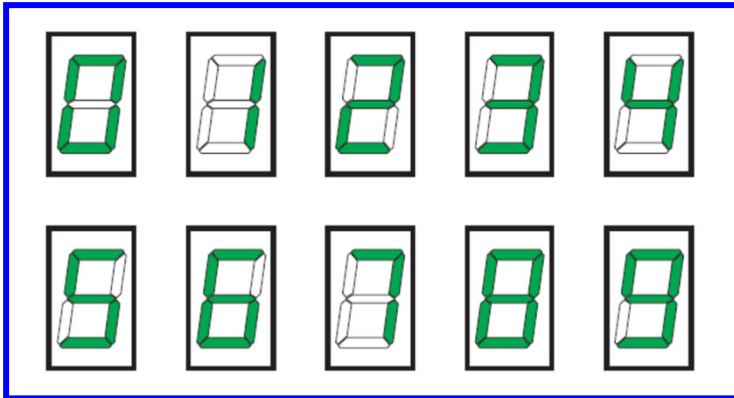


# Ψηφιακές μονάδες απεικόνισης



# Ψηφιακές μονάδες απεικόνισης με LED

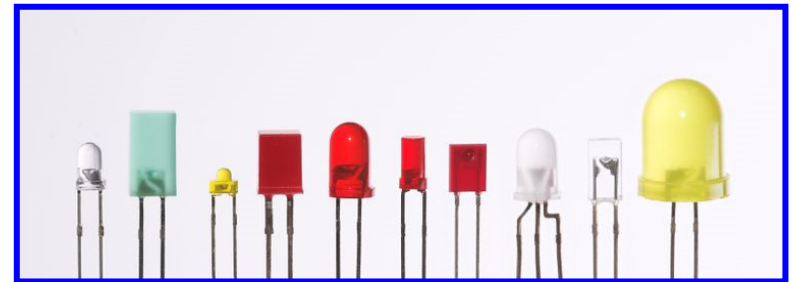
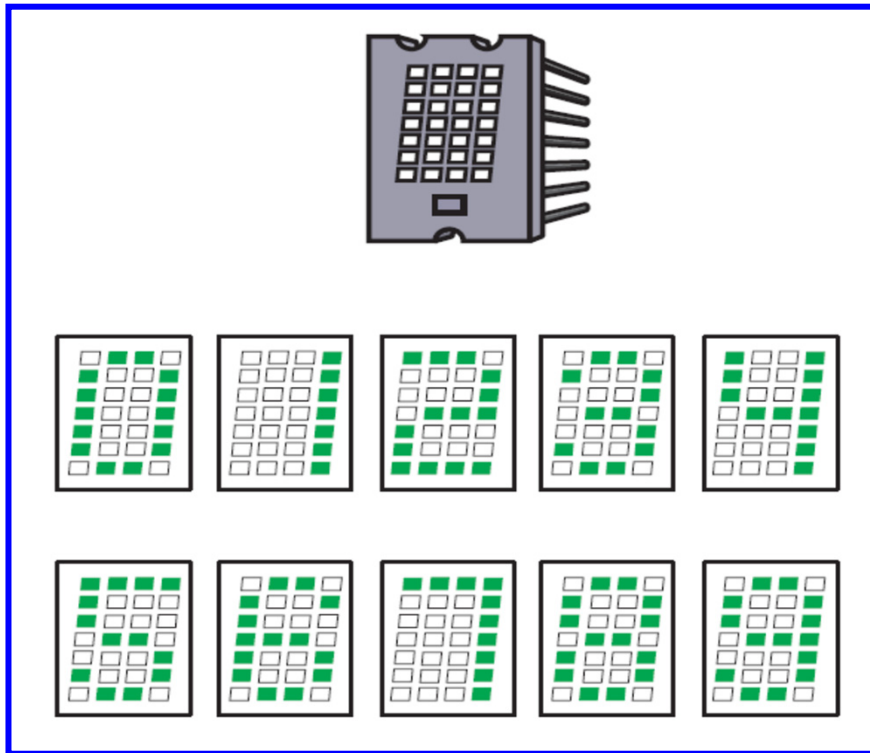
- Ο πιο συνήθης τρόπος σχηματισμού των χαρακτήρων σε μια ψηφιακή μονάδα απεικόνισης είναι το **στοιχείο επτά τμημάτων (seven segment display)**.
- Τα ψηφία 0 έως 9 σχηματίζονται με κατ' επιλογή φωτισμό ή σβήσιμο κάποιων τμημάτων τα οποία είναι τοποθετημένα ώστε να σχηματίζουν τον αριθμό 8.



- Για καλύτερη αναπαράσταση των χαρακτήρων, χρησιμοποιούνται στοιχεία με περισσότερα τμήματα, όπως στοιχεία με **16 τμήματα** ή με τελείες (**dot-matrix**).
- Η **δίοδος φωτοεκπομπής (light-emitting diode, LED)** είναι μία ημιαγωγική δίοδος, η οποία φωτοβολεί όταν διαρρέεται από συγκεκριμένο ρεύμα.
- Σε έναν ενδείκτη με LED τύπου «dot-matrix», οι δίοδοι οργανώνονται σε σειρές.

# Ψηφιακές μονάδες απεικόνισης με LED

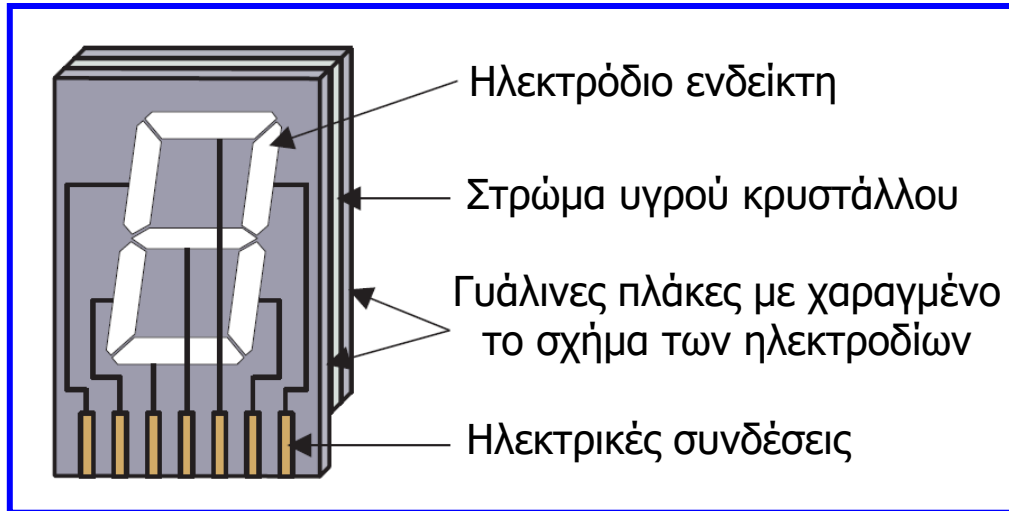
- Με επιλεκτική τροφοδοσία στις διόδους, προκαλείται φωτοβολία και έτσι σχηματίζονται οι διάφοροι χαρακτήρες.



- Η χρήση LED σε ψηφιακές μονάδες απεικόνισης πλεονεκτεί όσον αφορά το μέγεθος, το κόστος και την αξιοπιστία, αλλά καθώς προοδεύει η τεχνολογία των υγρών κρυστάλλων, η χρήση των LED περιορίζεται.

# Ψηφιακές μονάδες απεικόνισης με LCD

- Οι σύγχρονες ψηφιακές μονάδες απεικόνισης χρησιμοποιούν **υγρούς κρυστάλλους (liquid crystal displays, LCD)**, οι οποίοι οργανώνονται σε στοιχεία επτά ή περισσότερων τμημάτων.



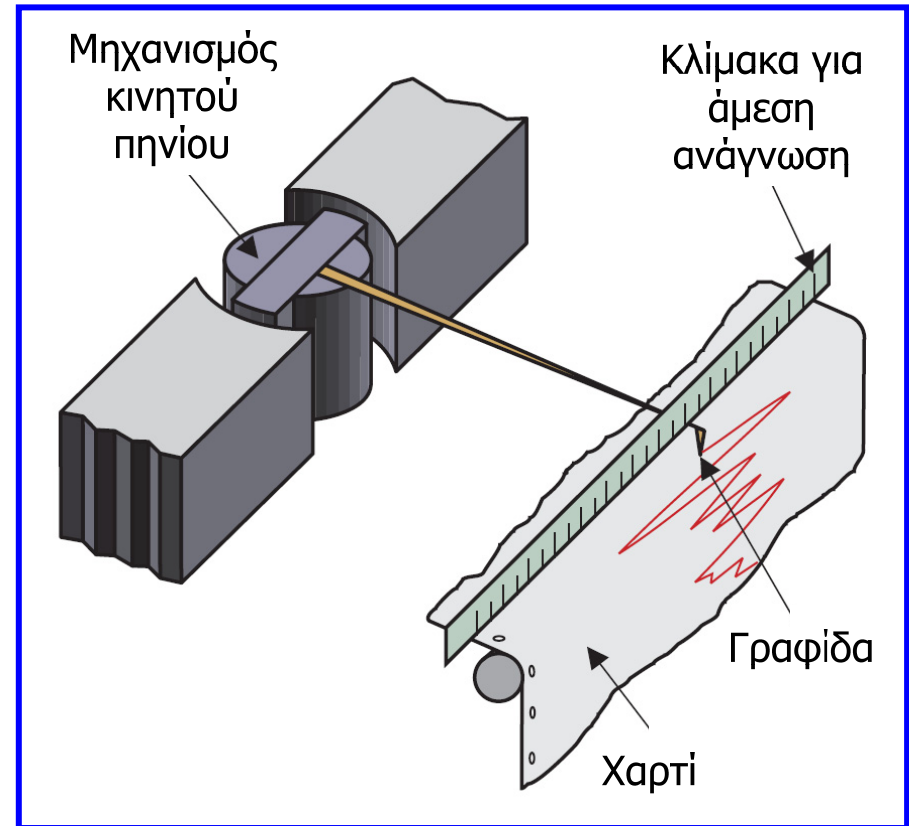
- Κάθε στοιχείο αποτελείται από ένα στρώμα υγρού κρυστάλλου που βρίσκεται ανάμεσα από δύο γυάλινες (διαφανείς) πλάκες με επτά ή περισσότερα τμήματα (ηλεκτρόδια).
- Εάν εφαρμοστεί **διαφορά δυναμικού** μεταξύ των ίδιων ηλεκτροδίων στις δύο πλάκες, προκαλείται **αλλαγή του δείκτη διάθλασης του υγρού κρυστάλλου** και το αντίστοιχο τμήμα εμφανίζεται **μαύρο (δηλ. αδιαφανές)**, οπότε με ενεργοποίηση διαφορετικών συνδυασμών τμημάτων σχηματίζονται οι διάφοροι χαρακτήρες / αριθμοί.

# Μονάδες καταγραφής

- Οι **μονάδες καταγραφής (recorders)** δημιουργούν μία μόνιμη καταγραφή μίας μετρούμενης τιμής ή σήματος, η οποία επιτρέπει την ανάλυση και παρακολούθηση των δεδομένων.
- Η μόνιμη καταγραφή μπορεί να έχει τη μορφή τιμής τυπωμένης σε χαρτί ή γραφικής παράστασης ή ακόμη και τη μορφή ενός αναλογικού ή ψηφιακού σήματος που αποθηκεύεται σε μαγνητική ή ημιαγωγική μνήμη.
- Φυσικό επακόλουθο είναι ότι η **εξέλιξη** των **υπολογιστών** έχει **μειώσει** την **ανάγκη χρήσης καταγραφικών συσκευών**.
- Οι πιο βασικές και συνήθειες καταγραφικές μονάδες είναι:
  - ✓ Καταγραφικές μονάδες κινητού πηνίου.
  - ✓ Καταγραφικές μονάδες σερβομηχανισμού.
  - ✓ Σχεδιογράφος (plotter) ΧΥ.
  - ✓ Καταγραφικές μονάδες υπεριώδους φωτός (ultraviolet recorders).
  - ✓ Θερμικές καταγραφικές μονάδες (thermal array recorders).

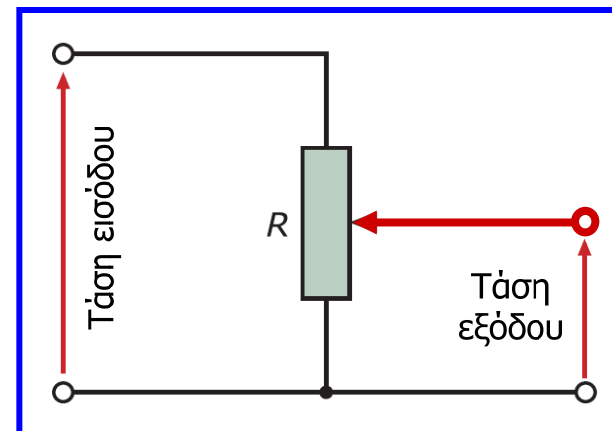
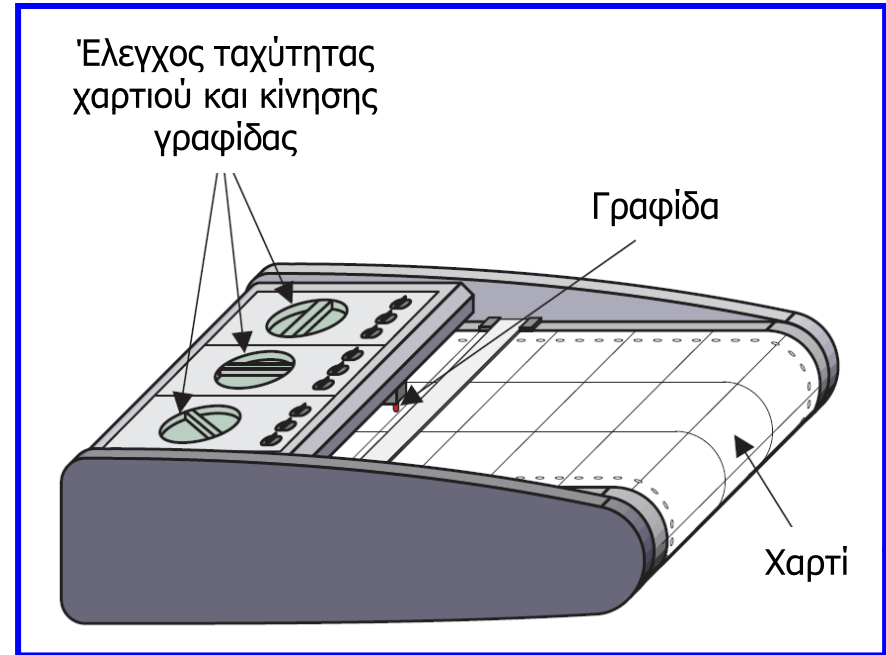
# Καταγραφικές μονάδες κινητού πηνίου

- Ο μηχανισμός τους αποτελείται από ένα πηνίο τυλιγμένο γύρω από κύλινδρο μαλακού σιδήρου που βρίσκεται στο εσωτερικό μαγνητικού πεδίου.
- Το ηλεκτρικό σήμα εισόδου (από κάποιο αισθητήρα) διαρρέει το πηνίο και το αναγκάζει να περιστραφεί οπότε και η γραφίδα αποκλίνει ανάλογα με το μέγεθος του ρεύματος.
- Ένας κινητήρας κινεί το ρολό χαρτιού με σταθερή ταχύτητα και έτσι σχεδιάζεται ένα ίχνος που αποτελεί την εξέλιξη του σήματος εισόδου στο χρόνο.
- Οι καταγραφικές μονάδες κινητού πηνίου έχουν μεγάλο χρόνο απόκρισης και δεν είναι κατάλληλες για καταγραφή ταχέως μεταβαλλόμενων σημάτων, αλλά είναι κατάλληλες για καταγραφή δεδομένων όπως θερμοκρασία και πίεση αέρα.



# Καταγραφικές μονάδες σερβομηχανισμού

- Η γραφίδα οδηγείται από ιμάντα που συνδέεται σε σερβοκινητήρα και κινείται κάθετα στη διεύθυνση κίνησης του χαρτιού, κατά μήκος οδηγού γραμμής.
- Η γραφίδα συνδέεται με την κινητή επαφή ενός γραμμικού ποτενσιόμετρου που καταγράφει την τρέχουσα θέση της.
- Η τιμή της τάσης εξόδου του ποτενσιόμετρου συγκρίνεται με την τιμή του σήματος το οποίο καταγράφεται.
- Η σύγκριση αυτή οδηγεί τον κινητήρα ώστε να κινήσει τη γραφίδα μέχρι η διαφορά (σφάλμα) να μηδενιστεί.
- Έτσι, παράγεται ίχνος ανάλογο του σήματος εισόδου.
- Οι μονάδες παρέχουν καλή ακρίβεια.



Γραμμικό  
ποτενσιόμετρο

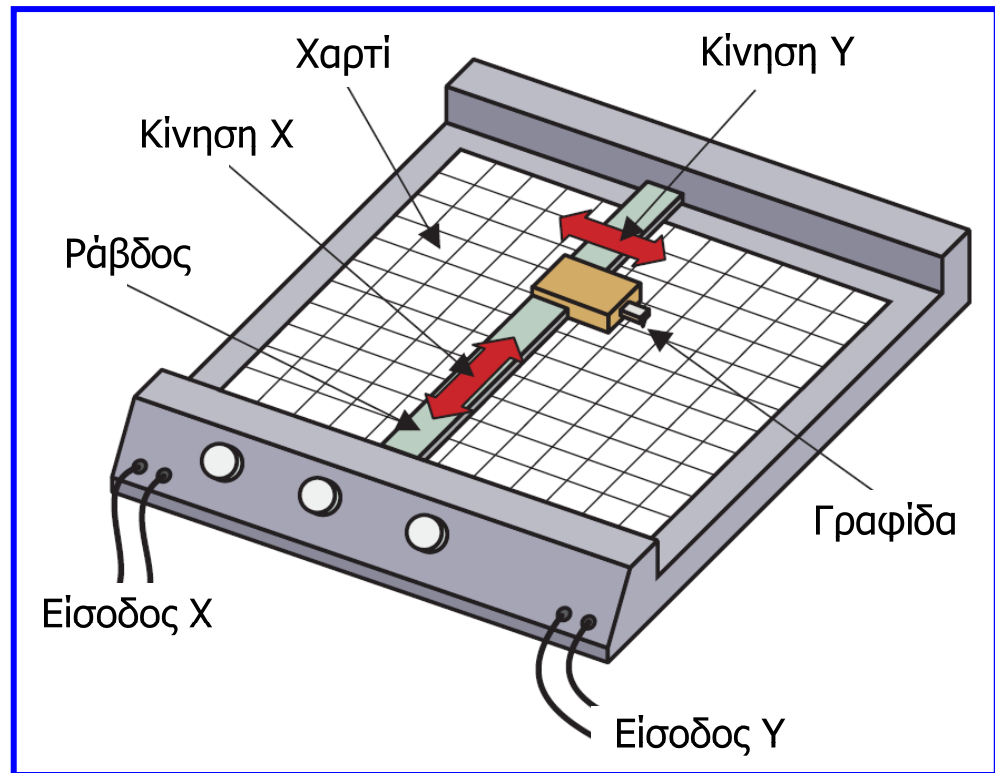
# Καταγραφικές μονάδες σερβομηχανισμού





# Σχεδιογράφος (plotter) XY

- Είναι αναλογική μονάδα καταγραφής που παράγει τη γραφική παράσταση της σχέσης δύο σημάτων εισόδου.
- Η γραφίδα είναι προσαρμοσμένη σε θήκη που μπορεί να κινείται κατά μήκος μιας ράβδου και η ράβδος μπορεί να κινείται κατά μήκος του χαρτιού. Και οι δύο ελέγχονται από σερβοκινητήρες.
- Η τάση στην είσοδο X μετατοπίζει τη θήκη και η τάση στην είσοδο Y τη ράβδο.
- Για την καταγραφή της μεταβολής ενός σήματος σε σχέση με το χρόνο, στην είσοδο X εφαρμόζεται τάση ανάλογη της πριονωτής τάσης που υπάρχει στους παλμογράφους.
- Στην είσοδο Y συνδέεται το προς καταγραφή σήμα.

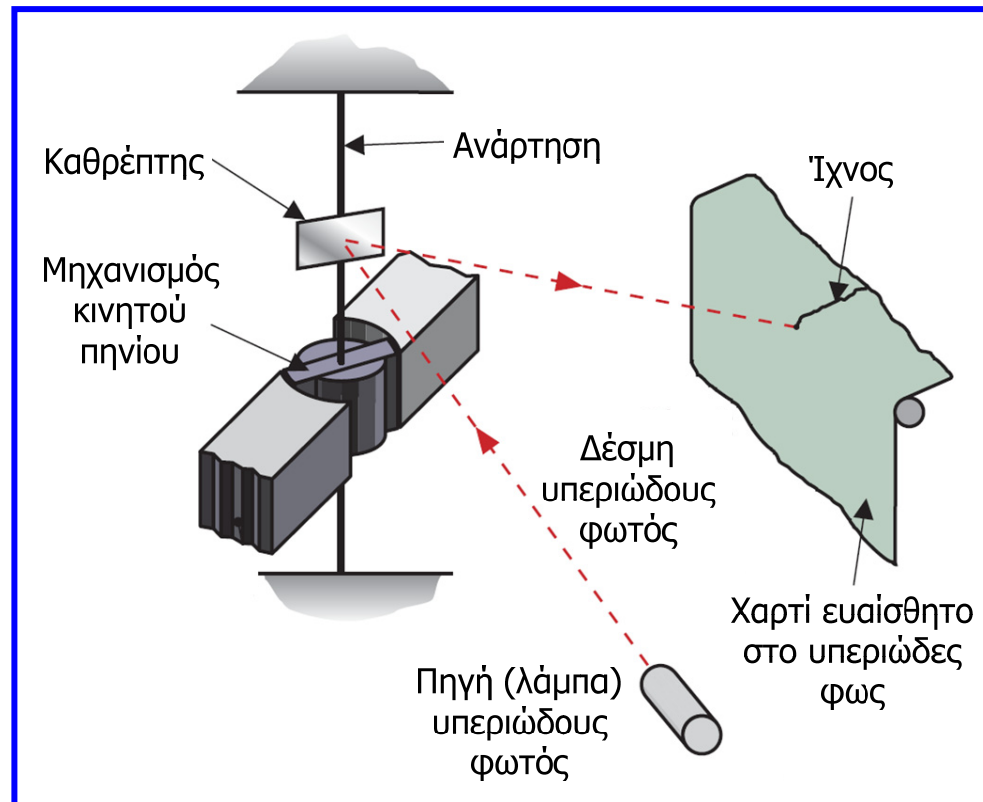


# Σχεδιογράφος (plotter) XY



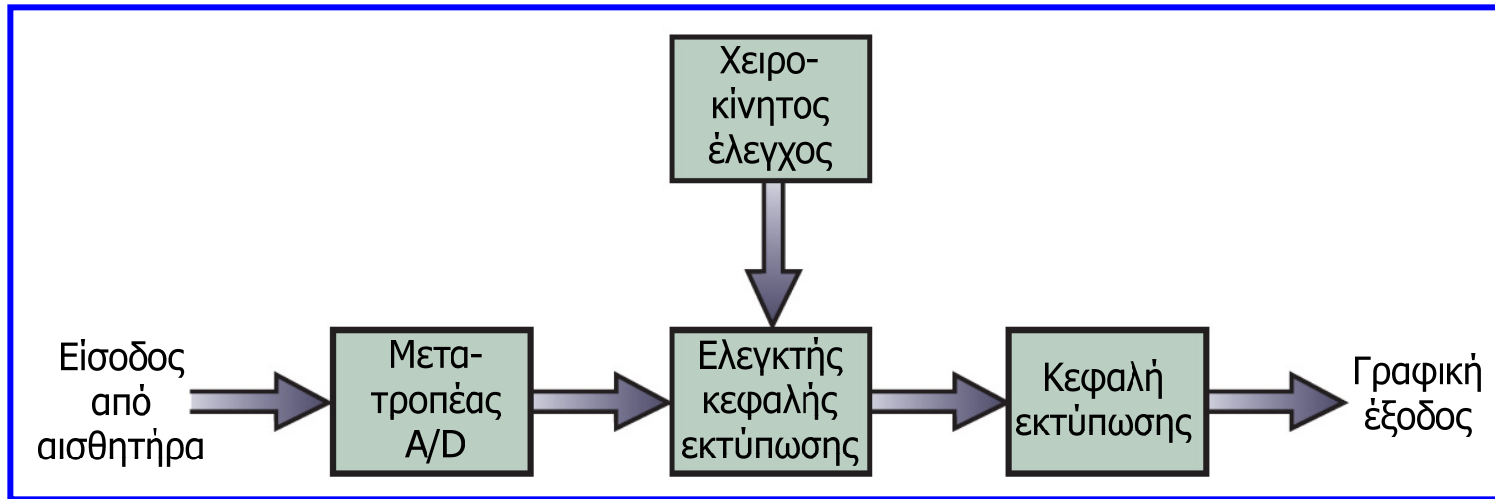
# Καταγραφικές μονάδες υπεριώδους φωτός

- Οι καταγραφικές μονάδες υπεριώδους φωτός, χρησιμοποιούν μηχανισμό κινητού πηνίου, αλλά αντί για ενδεικτική βελόνα χρησιμοποιούν μικρό καθρέπτη όπου ανακλούν μία δέσμη υπεριώδους φωτός από ειδική λάμπα.
- Παρέχουν υψηλές ταχύτητες καταγραφής, αλλά απαιτούν μεγάλο κόστος για το φωτοευαίσθητο χαρτί το οποίο επίσης φθείρεται εύκολα.



# Θερμικές καταγραφικές μονάδες

- Οι θερμικοί καταγραφείς συνήθως ενσωματώνουν τις λειτουργίες ρύθμισης σήματος, καταγραφής σήματος και παραγωγής γραφικής εξόδου.



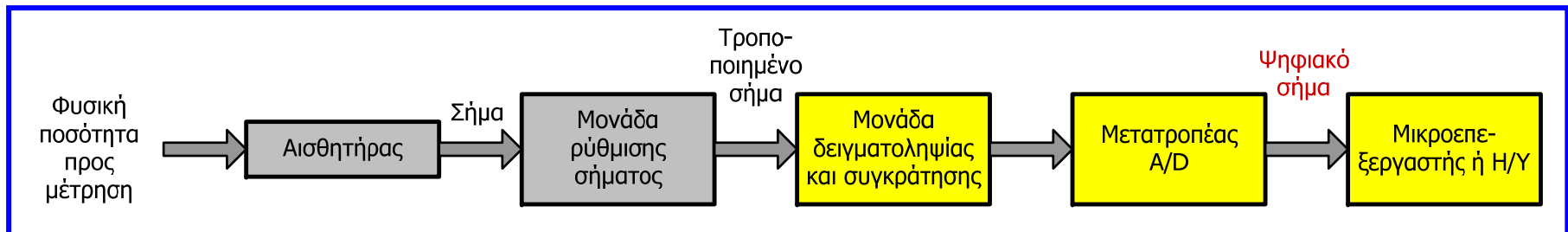
- Ο ADC μετατρέπει το αναλογικό σήμα εισόδου (από κάποιο αισθητήρα) σε ψηφιακό σήμα το οποίο διαβάζεται από ελεγκτή, ο οποίος καθοδηγεί μία συστοιχία θερμικών στοιχείων που συγκροτούν την κεφαλή εκτύπωσης.
- Η κεφαλή εκτύπωσης τυπώνει σε φωτοευαίσθητο χαρτί, το οποίο κινείται με τη βοήθεια σερβοκινητήρα του οποίου η ταχύτητα ελέγχεται χειροκίνητα.
- Οι θερμικοί καταγραφείς παρέχουν ποιότητα, συνήθως διαθέτουν δυνατότητα αποθήκευσης και το χαρτί τους δεν είναι ακριβό.

# Θερμικές καταγραφικές μονάδες



# Ψηφιακά συστήματα μέτρησης

- Το μεγαλύτερο μέρος των συστημάτων μέτρησης σήμερα βασίζεται σε ψηφιακά ηλεκτρονικά (μικροεπεξεργαστές, μικροελεγκτές, Η/Υ κ.ά.).
- Τα προηγμένα ψηφιακά ηλεκτρονικά συστήματα παρέχουν πλεονεκτήματα, όπως εξαιρετική ακρίβεια, δυνατότητα σύνθετης επεξεργασίας δεδομένων μετρήσεων, δυνατότητα μεταφοράς τους σε μεγάλες αποστάσεις, απεικόνιση τους με μεγάλη ανάλυση, καθώς και αναλλοίωτη στο χρόνο αποθήκευσή τους.
- Το χρησιμοποιούμενο λογισμικό μπορεί να επανασχεδιαστεί για την προσαρμογή ενός συστήματος μέτρησης σε νέες απαιτήσεις, παρέχοντας υψηλό βαθμό ευελιξίας.
- Επίσης, η ύπαρξη μονάδας επεξεργασίας, παρέχει τη δυνατότητα ενσωμάτωσης με τα συστήματα μέτρησης και των συστημάτων ελέγχου, τα οποία έχουν πολύ σημαντικό ρόλο στη βιομηχανία.
- Έτσι, η δομή ενός απλού συστήματος μέτρησης που περιλαμβάνει αισθητήρα, μονάδα (κύκλωμα) ρύθμισης σήματος και μονάδα απεικόνισης ή/και καταγραφής, έχει εξελιχθεί στη δομή ενός **ψηφιακού συστήματος μέτρησης**.





# Ψηφιακά συστήματα μέτρησης

- Η μονάδα δειγματοληψίας και συγκράτησης (sample and hold, S/H) διατηρεί σταθερή την τιμή των δειγμάτων του αναλογικού σήματος που λαμβάνει, για το χρονικό διάστημα που απαιτείται για τη μετατροπή του από τον μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A/D converter, ADC).
- Η μονάδα S/H και ο ADC εξασφαλίζουν τη μετατροπή του σήματος σε ψηφιακή μορφή με το επιθυμητό μήκος λέξης.
- Το σύστημα ελέγχεται από Η/Υ ή μικροεπεξεργαστή, ο οποίος μπορεί να απεικονίζει τα δεδομένα μετρήσεων σε οθόνη, να τα επεξεργάζεται με κάποιον αλγόριθμο, να τα αποθηκεύει (για περαιτέρω ανάλυση) να τα μεταδίδει μέσω κατάλληλου δικτύου, αλλά και να δημιουργεί τις προϋποθέσεις για έλεγχο συστημάτων με βάση τα δεδομένα αυτά.
- **Παράδειγμα:** για τον έλεγχο μίας βιομηχανικής διαδικασίας, οι προκαθορισμένες τιμές, οι μεταβλητές εισόδου, τα σφάλματα, οι τιμές εξόδου κ.ά. απεικονίζονται στην οθόνη με τη μορφή ψηφιακών ενδείξεων, ιστογραμμάτων και κινούμενων εικόνων, έτσι ώστε να παρέχεται έγκυρη και πλήρη εικόνα της κατάστασης του συστήματος στο χειριστή του.
- Παρότι, τα ψηφιακά συστήματα μέτρησης πλεονεκτούν σε σχέση με τα απλά συστήματα μέτρησης, σε μερικές απλές εφαρμογές δεν χρησιμοποιούνται λόγω υψηλού κόστους.
- Επίσης, σε άλλες εφαρμογές, τα ψηφιακά συστήματα (που βασίζονται σε Η/Υ) δε διαθέτουν το απαιτούμενο μικρό μέγεθος των απλών συστημάτων, τα οποία μπορούν επίσης με ασφάλεια να εκτεθούν σε μη συμβατά περιβάλλοντα (π.χ. υψηλά μαγνητικά πεδία).

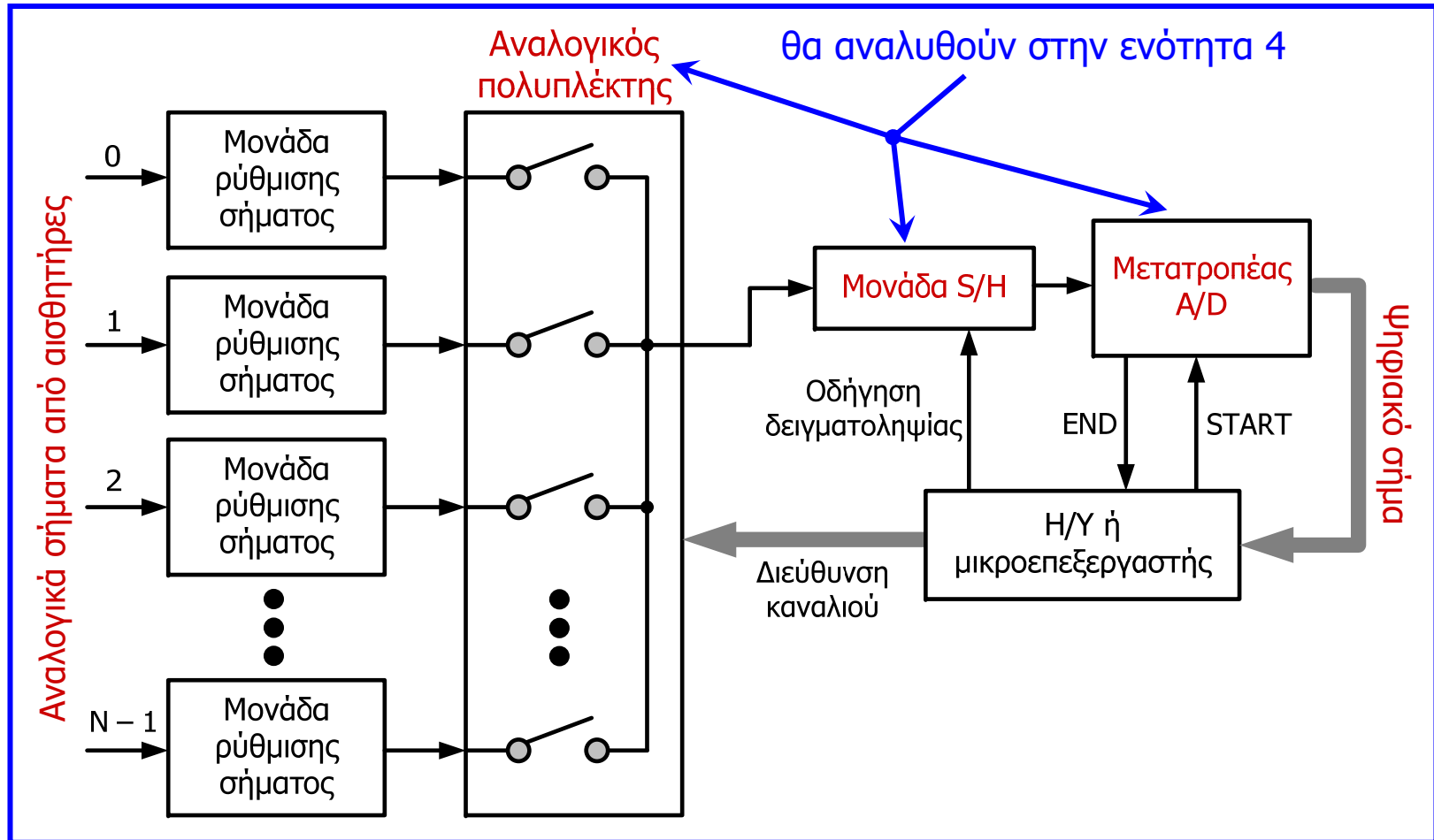
# Συστήματα συλλογής και επεξεργασίας

- Τα **συστήματα συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων μετρήσεων (data acquisition and processing systems)** αποτελούν επέκταση των ψηφιακών συστημάτων μέτρησης, αφού συνήθως αφορούν τη συλλογή και την επεξεργασία δεδομένων μετρήσεων πολλών φυσικών ποσοτήτων που συμμετέχουν σε ένα σύστημα διεργασιών.
- Για να επιτευχθεί η συλλογή δεδομένων μετρήσεων από πολλές πηγές (αισθητήρες) χρησιμοποιείται **αναλογικός πολυπλέκτης (analog multiplexer)**, ο οποίος στην ουσία αποτελείται από παράλληλους διακόπτες (που υλοποιούνται με τρανζίστορ MOSFET).
- Ανάλογα με την αρχιτεκτονική (δομή) του συστήματος, ο πολυπλέκτης μπορεί να δέχεται τα σήματα από τους αισθητήρες διαδοχικά ή ταυτόχρονα.
- Σε κάθε χρονική στιγμή ένας μόνο διακόπτης του πολυπλέκτη είναι σε κατάσταση αγωγής (ON) και τότε το σήμα από τον αντίστοιχο αισθητήρα φθάνει στην είσοδο της μονάδας S/H, όπου διατηρείται σταθερό για όσο χρονικό διάστημα απαιτείται ώστε να γίνει η μετατροπή του σε ψηφιακό από τον ADC.
- Η ψηφιακή έξοδος του ADC συνδέεται στο δίαυλο δεδομένων του Η/Υ ή του μικροεπεξεργαστή, έτσι ώστε να ακολουθήσει η αποθήκευση και η επεξεργασία των δεδομένων μετρήσεων.
- Ο **χρόνος συλλογής** μιας μέτρησης ισούται με το άθροισμα του χρόνου που απαιτείται για τη δειγματοληψία (λήψη) της μέτρησης από τη μονάδα S/H και του χρόνου μετατροπής του ADC.



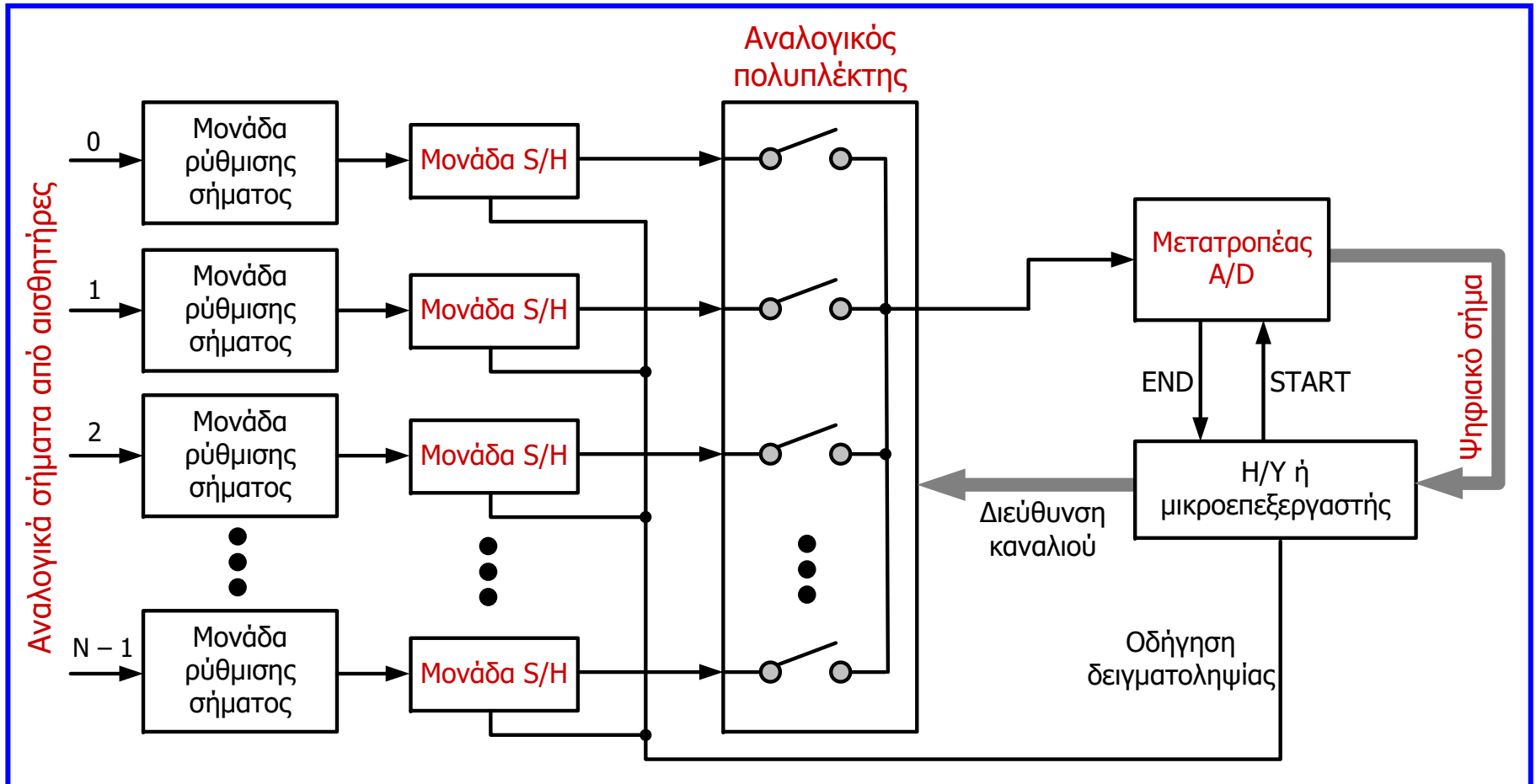
# Συστήματα συλλογής και επεξεργασίας

Σύστημα διαδοχικής συλλογής δεδομένων μετρήσεων από πολλές εισόδους: απλή αρχιτεκτονική συστήματος με χαμηλό κόστος, στο οποίο η εκτέλεση των μετρήσεων και η συλλογή των αντίστοιχων δεδομένων γίνονται διαδοχικά.



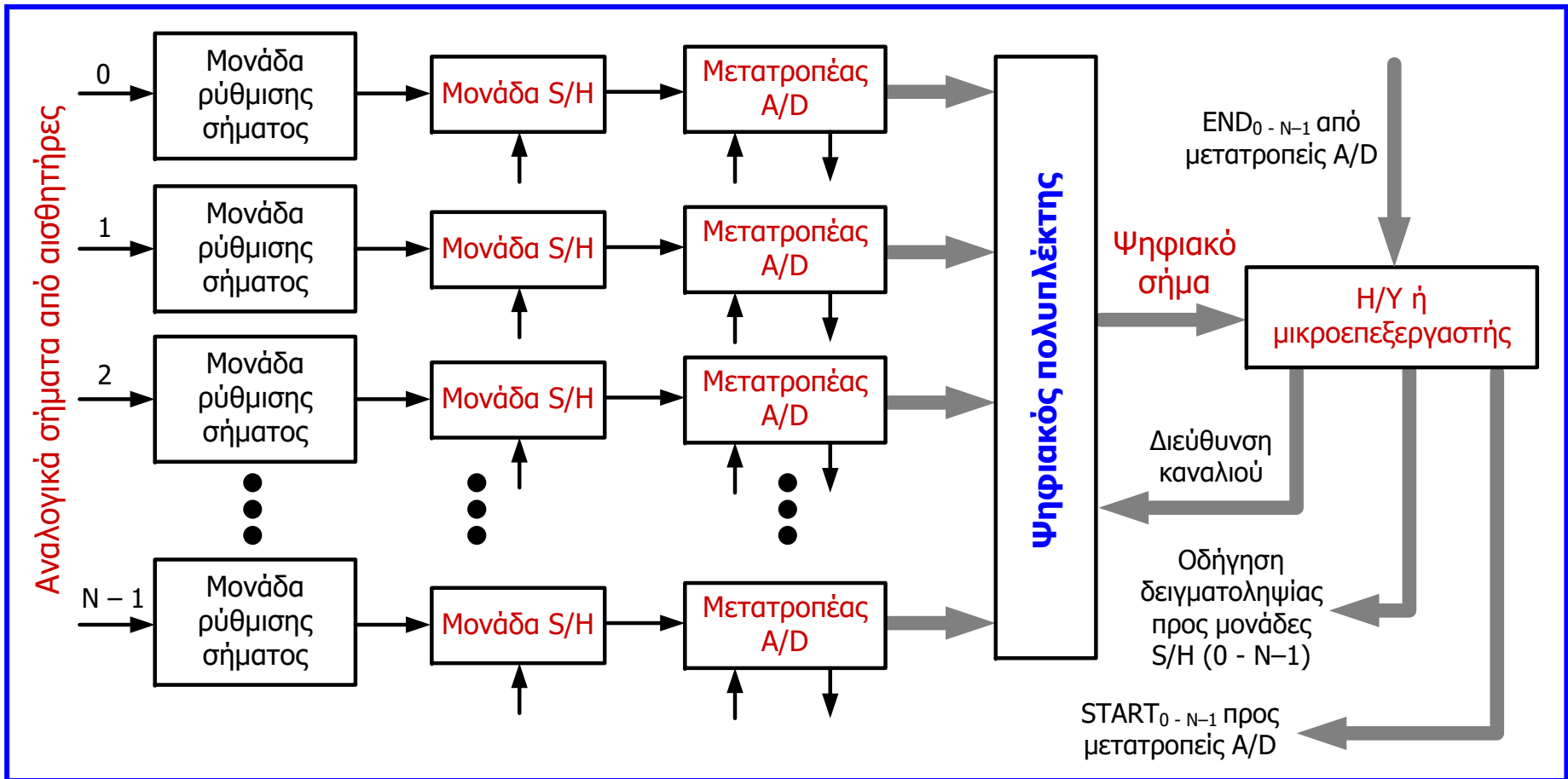
# Συστήματα συλλογής και επεξεργασίας

Σύστημα σύγχρονης συλλογής δεδομένων μετρήσεων από πολλές εισόδους: ταχύτερη αρχιτεκτονική με αυξημένη πολυπλοκότητα και αυξημένο κόστος (λόγω των περισσότερων μονάδων S/H), στο οποίο τα δεδομένα των μετρήσεων αντιστοιχούν στην ίδια χρονική στιγμή.

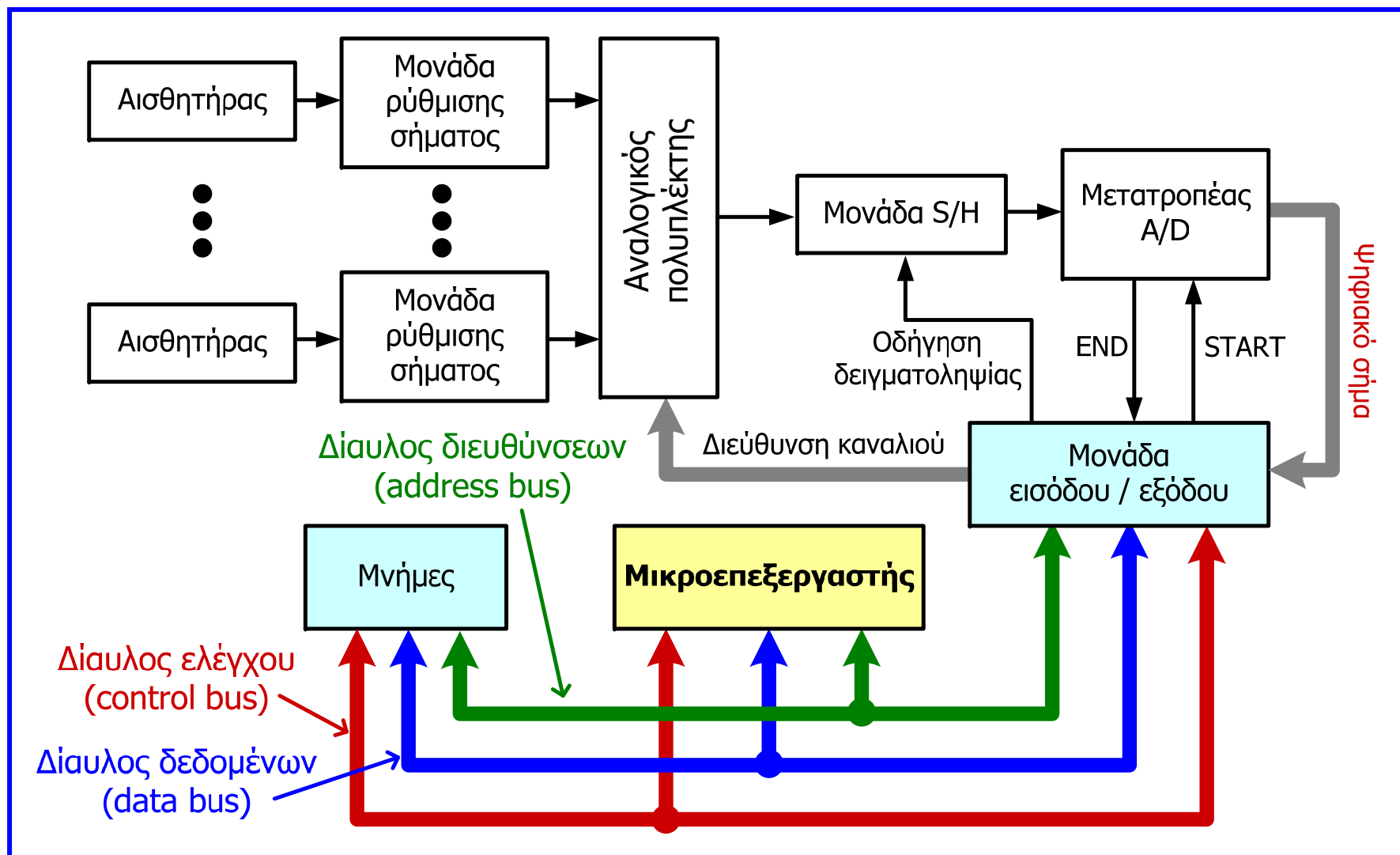


# Συστήματα συλλογής και επεξεργασίας

**Σύστημα σύγχρονης συλλογής δεδομένων μετρήσεων από πολλές εισόδους:** ταχύτερη αρχιτεκτονική από τις δύο προηγούμενες, αλλά με πολύ αυξημένη πολυπλοκότητα και πολύ αυξημένο κόστος (λόγω των περισσότερων μονάδων S/H και μετατροπέων A/D), στο οποίο τα δεδομένα των μετρήσεων αντιστοιχούν στην ίδια χρονική στιγμή.



# Συστήματα που βασίζονται σε μικροεπεξεργαστή

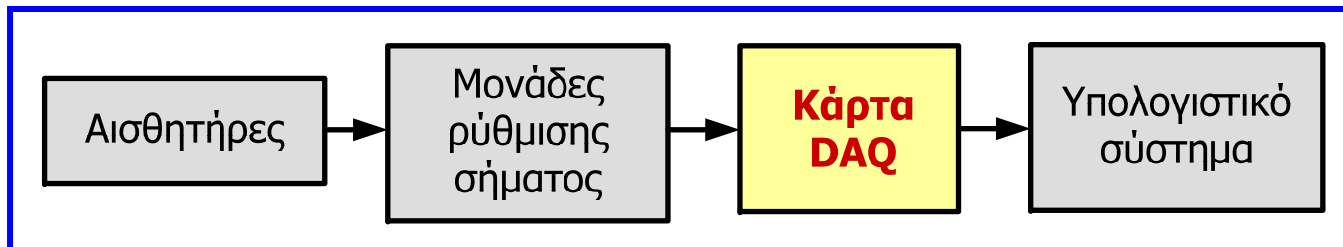


# Συστήματα που βασίζονται σε μικροεπεξεργαστή

- Το **λογισμικό** των συστημάτων που βασίζονται σε μικροεπεξεργαστή και εκτελείται σε αυτόν, περιλαμβάνει το λειτουργικό σύστημα και το πρόγραμμα λειτουργίας του συστήματος μέτρησης.
- Στις **μνήμες** του συστήματος αποθηκεύεται το προαναφερόμενο λογισμικό, ενδιάμεσες τιμές μεταβλητών του συστήματος και μετρήσεων και οι τελικές τιμές των μετρήσεων.
- Η **μονάδα εισόδου/εξόδου** επιτελεί τη διεπικοινωνία του μικροεπεξεργαστή με το σύστημα μέτρησης, αλλά και τη διασύνδεση του μικροεπεξεργαστή με οποιαδήποτε εξωτερική περιφερειακή μονάδα, όπως μέσα αποθήκευσης των δεδομένων μετρήσεων, μέσα ενσύρματης ή ασύρματης μετάδοσης των δεδομένων μετρήσεων κ.ά.
- Συχνά, τα συστήματα μέτρησης που βασίζονται σε μικροεπεξεργαστή κατασκευάζονται σε συμπαγή μορφή, όπου όλες οι μονάδες περικλείονται σε κατάλληλο περίβλημα ανθεκτικό στις συνθήκες περιβάλλοντος για την περίπτωση τοποθέτησής τους σε εξωτερικό χώρο.
- Σε εφαρμογές που περιλαμβάνουν ψηφιακή επεξεργασία σημάτων σε πραγματικό χρόνο, οι απαιτήσεις επεξεργασίας των δεδομένων μετρήσεων είναι αυξημένες.
- Σε τέτοιου τύπου εφαρμογές χρησιμοποιούνται **ψηφιακοί επεξεργαστές σήματος (digital signal processors)**, οι οποίοι είναι σχεδιασμένοι έτσι ώστε να εκτελούν μαθηματικές πράξεις σχετικές με επεξεργασία σήματος, με μεγαλύτερη ταχύτητα σε σχέση με έναν συμβατικό μικροεπεξεργαστή.

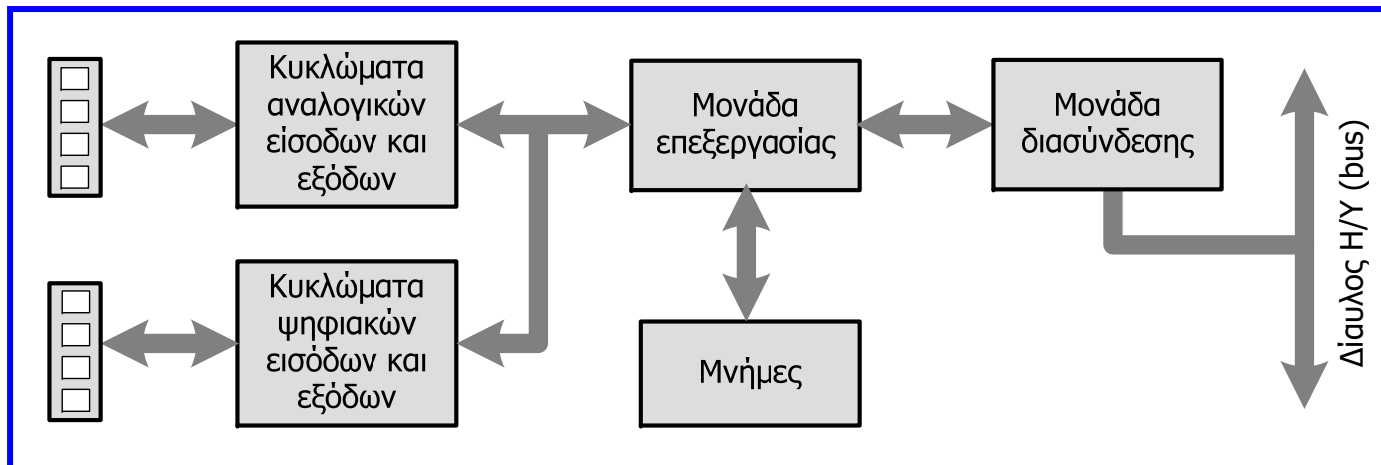
# Συστήματα που βασίζονται σε Η/Υ – κάρτες DAQ

- Η βασική διάταξη για την ανάπτυξη ενός συστήματος μέτρησης που βασίζεται σε Η/Υ είναι η **κάρτα συλλογής δεδομένων (data acquisition board, DAQ board)**.
- Μια κάρτα DAQ περιλαμβάνει το σύνολο των ηλεκτρονικών διατάξεων (αναλογικούς πολυπλέκτες, μετατροπείς A/D και D/A, ψηφιακές θύρες, κυκλώματα χρονισμού και ελέγχου κ.ά.), που απαιτούνται για τη μέτρηση εξωτερικών σημάτων (αναλογικών και ψηφιακών) και την παραγωγή σημάτων ελέγχου (αναλογικών και ψηφιακών) από τον Η/Υ
- Οι σύγχρονες κάρτες DAQ εγκαθίστανται στον Η/Υ κυρίως σε **δίαυλο τύπου PCI**, αλλά έχουν αναπτυχθεί και κάρτες DAQ που συνδέονται στον Η/Υ εξωτερικά, μέσω **σειριακής θύρας** (πρότυπο RS232), **παράλληλης θύρας** (πρότυπο IEEE 1284) ή μέσω **διεπαφής USB**.
- Οι κάρτες DAQ χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε βιομηχανικές εφαρμογές για μετρήσεις διάφορων μεγεθών και έλεγχο συστημάτων.
- Τα δομικά στοιχεία ενός συστήματος συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων μετρήσεων που βασίζεται σε Η/Υ είναι οι αισθητήρες, οι μονάδες ρύθμισης σήματος, η κάρτα DAQ και το υπολογιστικό σύστημα (Η/Υ).



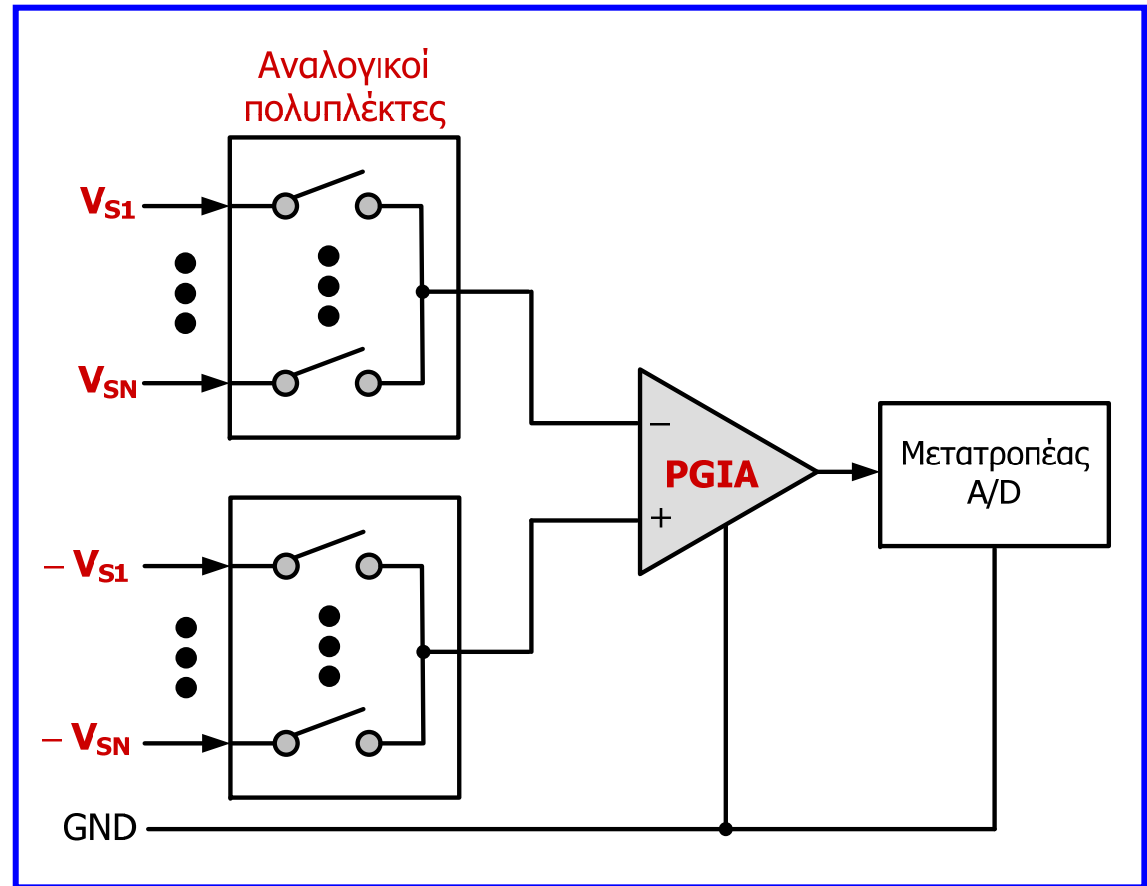
# Συστήματα που βασίζονται σε Η/Υ – κάρτες DAQ

- Συνήθως, μια κάρτα συλλογής δεδομένων περιλαμβάνει μονάδα επεξεργασίας (επεξεργαστή ή ολοκληρωμένο κύκλωμα ειδικού σκοπού) που συντονίζει τις λειτουργίες της κάρτας και επικοινωνεί με τον Η/Υ.
- Η μονάδα επεξεργασίας είναι υπεύθυνη για τον έλεγχο των εισόδων και των εξόδων, την αποθήκευση δεδομένων και την επικοινωνία με τον Η/Υ.
- Η χρήση των μονάδας επεξεργασίας απαλλάσσει την CPU του υπολογιστή από υψηλό υπολογιστικό φόρτο, αφού σε εφαρμογές με πολύ υψηλό ρυθμό δειγματοληψίας μετρήσεων, η ορθή λειτουργία του συστήματος θα ήταν αδύνατη χωρίς αυτήν.
- Ωστόσο, υπάρχουν κάρτες DAQ χωρίς μονάδα επεξεργασίας, στις οποίες η CPU του Η/Υ πραγματοποιεί τον έλεγχο των λειτουργιών, την επεξεργασία και την αποθήκευση των δεδομένων, αλλά και κάρτες DAQ που περιλαμβάνουν και DSP (digital signal processor).



# Αναλογικές εισοδοι καρτών DAQ

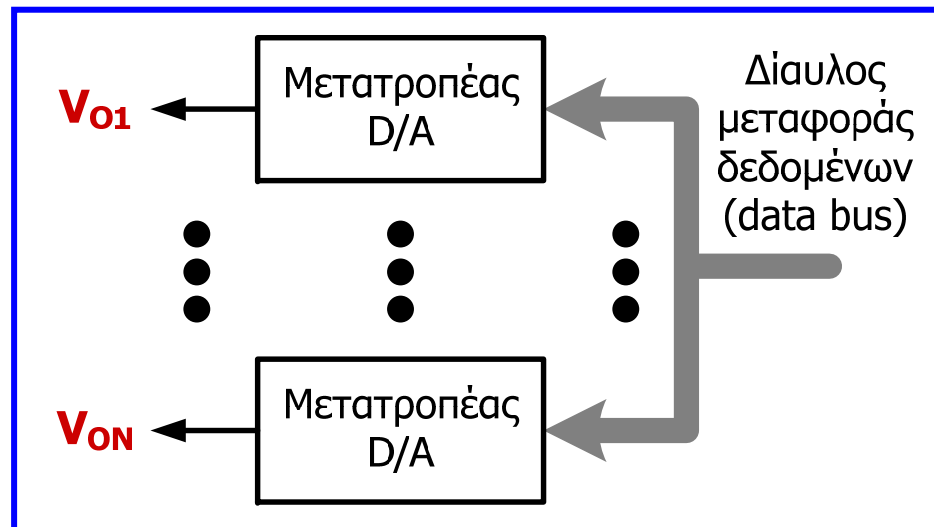
- Η σύνδεση των **αναλογικών σημάτων στις εισόδους** μιας κάρτας DAQ, διενεργείται συνήθως με **διαφορικό (differential) τρόπο**.
- Οι 2 ακροδέκτες (θετικός και αρνητικός) της πηγής που παράγει το αναλογικό σήμα συνδέονται σε αντίστοιχες εισόδους δύο αναλογικών πολυπλεκτών που περιλαμβάνονται στην κάρτα.
- Οι έξοδοι των πολυπλεκτών οδηγούνται σε **ενισχυτή οργανολογίας προγραμματιζόμενου κέρδους (programmable gain instrumental amplifier, PGIA)**.
- Ο ενισχυτής οργανολογίας (που θα αναλυθεί στην ενότητα 4) ενισχύει τα διαφορικά σήματα και απορρίπτει τα σήματα κοινού τρόπου (μη διαφορικά), με αποτέλεσμα την απόρριψη του θορύβου. Το προγραμματιζόμενο κέρδος επιτυγχάνεται με συστοιχία αντιστάσεων και αναλογικούς διακόπτες επιλογής.





# Αναλογικές έξοδοι καρτών DAQ

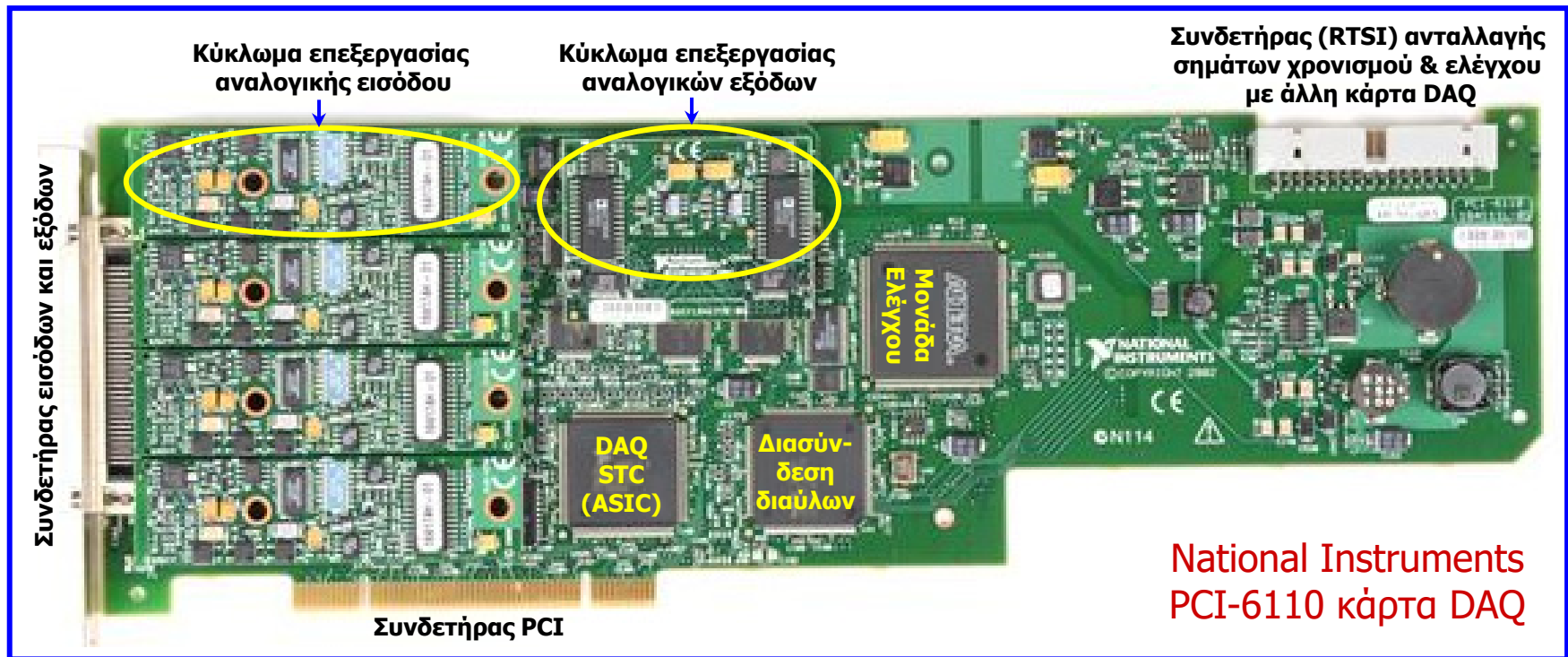
- Οι ακροδέκτες των αναλογικών εξόδων μιας κάρτας DAQ είναι διαθέσιμοι στο συνδετήρα εισόδου/εξόδου της κάρτας.
- Οι αναλογικές έξοδοι προκύπτουν από την κατάλληλη μετατροπή των ψηφιακών σημάτων σε αναλογικά από τους μετατροπείς D/A που διαθέτει η κάρτα.
- Τα ψηφιακά σήματα δημιουργούνται μέσω λογισμικού και από τη CPU του Η/Υ μεταφέρονται μέσω του διαύλου δεδομένων στην είσοδο των μετατροπέων D/A.
- Η ύπαρξη αναλογικών εξόδων δίνει στην κάρτα τη δυνατότητα να ελέγξει εξωτερικές λειτουργίες, με αποτέλεσμα η κάρτα μαζί με τον Η/Υ να μπορούν να λειτουργήσουν ως μια πλήρης διάταξη ελέγχου μια διεργασίας.



# Ψηφιακές εισοδοι και έξοδοι καρτών DAQ

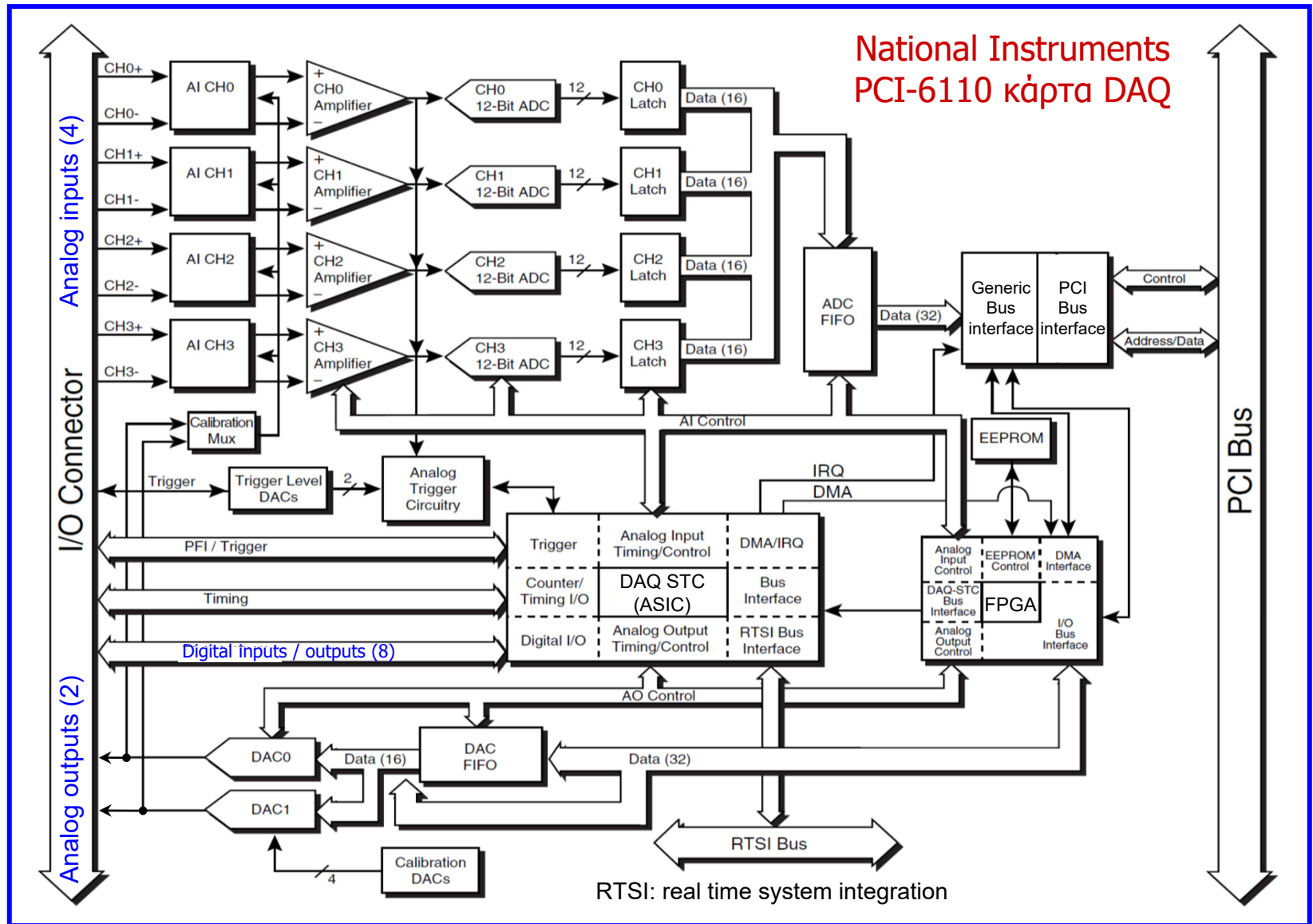
- Εκτός από τις αναλογικές εισόδους και εξόδους, στο συνδετήρα εισόδου/εξόδου μιας κάρτας DAQ είναι συνήθως διαθέσιμες ψηφιακές εισοδοι και έξοδοι (digital I/O).
- Για τις ψηφιακές εισόδους και εξόδους χρησιμοποιούνται δύο στάθμες τάσης (π.χ. 0 και 5 V).
- Οι ψηφιακές εισοδοι χρησιμεύουν για να εισάγουν εξωτερικές πληροφορίες στην κάρτα DAQ για άνοιγμα ή κλείσιμο ενός διακόπτη και εξωτερικά σήματα χρονισμού.
- Οι ψηφιακές έξοδοι δημιουργούνται μέσω λογισμικού και από τη CPU του Η/Υ (συνήθως σε συνεργασία με τη μονάδα επεξεργασίας της κάρτας DAQ) μεταφέρονται μέσω διαύλου μεταφοράς δεδομένων στο συνδετήρα I/O της κάρτας.
- Οι ψηφιακές έξοδοι (παρόμοια με τις αναλογικές εξόδους) δίνουν στην κάρτα DAQ τη δυνατότητα να ελέγχει εξωτερικές λειτουργίες, να παρέχει ψηφιακές ενδείξεις με LED ή να παρέχει σήματα χρονισμού σε εξωτερικές διατάξεις.

# Παράδειγμα κάρτας DAQ



- **STC (system timing control)**: η κύρια λειτουργία αυτού του κυκλώματος ειδικού σκοπού (**ASIC**: application specific integrated circuit) είναι ο καθορισμός του χρονισμού των κυκλωμάτων επεξεργασίας αναλογικών εισόδων και εξόδων και γενικότερα ο έλεγχος της λειτουργίας των κυκλωμάτων αυτών.
- Η **μονάδα ελέγχου** υλοποιείται σε **FPGA** (field programmable gate array) και επιτελεί τη διασύνδεση μεταξύ όλων των μονάδων και κυκλωμάτων της κάρτας DAQ.
- Η **μονάδα διασύνδεσης διαύλων** επιτελεί την διεπικοινωνία μεταξύ του εσωτερικού (generic) διαύλου της κάρτας DAQ και του διαύλου PCI του Η/Υ.

# Παράδειγμα κάρτας DAQ



# Βασικά χαρακτηριστικά καρτών DAQ

- **Ρυθμός δειγματοληψίας:** καθορίζει την ταχύτητα με την οποία μπορούν να πραγματοποιηθούν δειγματοληψίες από την κάρτα DAQ.
- Επισημαίνεται ότι, σύμφωνα με το **θεώρημα δειγματοληψίας (Nyquist – Shannon)**, η **συχνότητα δειγματοληψίας** ενός αναλογικού σήματος πρέπει να είναι **τουλάχιστον διπλάσια από τη μέγιστη συχνότητα που εμφανίζει το σήμα**, για να μην εισάγεται αλλοίωση στην υπάρχουσα πληροφορία του σήματος.
- **Παράδειγμα:** για επεξεργασία σήματος συχνότητας 20 kHz, η **συχνότητα δειγματοληψίας πρέπει να είναι τουλάχιστον διπλάσια**, συνεπώς απαιτείται κάρτα DAQ με ρυθμό δειγματοληψίας τουλάχιστον 40000 δείγματα ανά sec.
- **Ακρίβεια:** είναι η **μικρότερη ανιχνεύσιμη αλλαγή της αναλογικής (τάσης) εισόδου** και ισούται με το πηλίκο του μέγιστου επιτρεπόμενου εύρους της τάσης εισόδου του μετατροπέα A/D προς το γινόμενο του κέρδους (απολαβής) τάσης του ενισχυτή οργανολογίας επί  $2^n$  (όπου  $n$  είναι το πλήθος των ψηφίων εξόδου του μετατροπέα).
- **Παράδειγμα:** για εύρος τάσης εισόδου του μετατροπέα 10 V, κέρδος ενισχυτή 100 και πλήθος ψηφίων εξόδου μετατροπέα 16 bits, η ακρίβεια μέτρησης αναφερόμενη στην είσοδο του ενισχυτή είναι  $10 \text{ V} / (100 \times 2^{16}) = 1.5 \text{ } \mu\text{V}$ .

# Λογισμικό καρτών DAQ

- Οι κάρτες DAQ εκτός από το υλικό (hardware) που περιλαμβάνουν, συνοδεύονται και από το αντίστοιχο λογισμικό (software), το οποίο πρέπει να εγκατασταθεί στον Η/Υ για να είναι δυνατή η χρήση των καρτών.
- Το λογισμικό μιας κάρτας DAQ αποτελείται από **βιβλιοθήκες (libraries) υπορουτινών (subroutines) και συναρτήσεων (functions)** και **προγράμματα οδήγησης (drivers)** που χρησιμοποιούνται από εφαρμογές (application software) που προγραμματίζουν τη λειτουργία του υλικού της κάρτας, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του συστήματος συλλογής δεδομένων.
- Οι οδηγοί χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο του υλικού της κάρτας DAQ και για τον έλεγχο της διεπικοινωνίας της κάρτας με τον Η/Υ.
- Χαρακτηριστική περίπτωση εφαρμογής για τον προγραμματισμό των DAQ είναι η εφαρμογή **LabVIEW (laboratory virtual instrument engineering workbench)**.
- Πρόκειται για γραφικό περιβάλλον (graphical user interface, GUI), που επιτρέπει γρήγορη ανάπτυξη μιας γραφικής εποπτικής εικόνας του συστήματος συλλογής δεδομένων και της λειτουργίας του.
- Οι διάφορες υπορουτίνες και συναρτήσεις σχεδιάζονται και παριστάνονται ως εικονικά όργανα μέτρησης (virtual instruments, VI).
- Αφού υλοποιηθούν τα διαγράμματα περιγραφής του συστήματος, η εφαρμογή τα «μεταφράζει» σε κώδικα μηχανής.

# Διεπικοινωνία συστημάτων μέτρησης

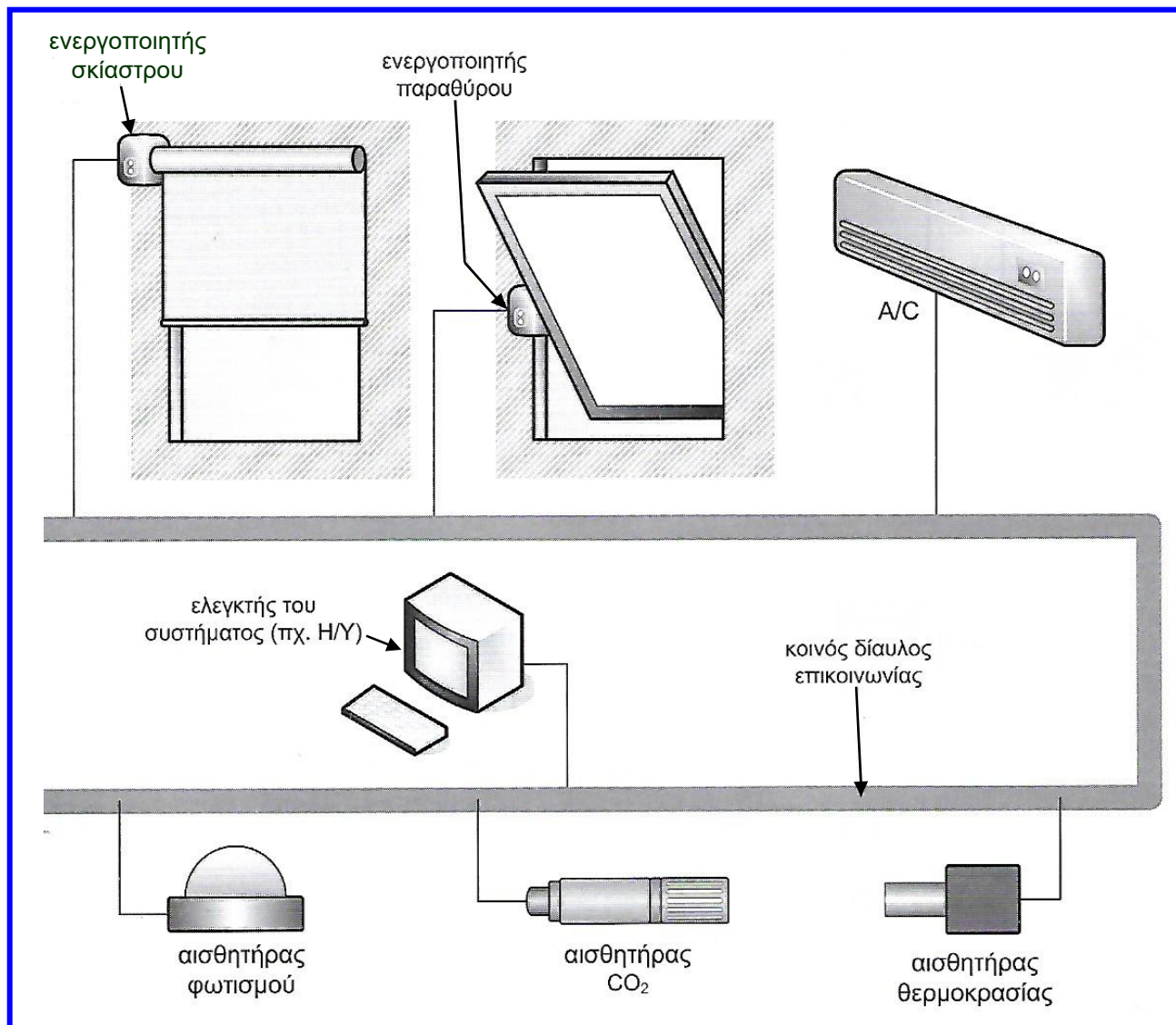
- Η δυνατότητα διεπικοινωνίας συστημάτων μέτρησης είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη συστημάτων μέτρησης και ελέγχου που αποτελούνται από δίκτυα, στα οποία συμμετέχουν **αισθητήρες, ενεργοποιητές (actuators)**, δηλαδή μετατροπείς σημάτων ελέγχου σε συγκεκριμένη ενέργεια (κίνηση, ενεργοποίηση διακόπτη κ.ά.) και **ελεγκτές**.
- **Παράδειγμα** ζεύγους αισθητήρα και ενεργοποιητή αποτελεί ένας αισθητήρας CO<sub>2</sub> που ελέγχει έναν ενεργοποιητή που ανοίγει ή κλείνει ένα παράθυρο.
- Τα προαναφερόμενα δίκτυα αναφέρονται ως **συστήματα διαύλου πεδίου (field buses)** και χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε βιομηχανικές εφαρμογές.
- Τα συστήματα αυτά πλεονεκτούν έναντι των διατάξεων στις οποίες απαιτείται ξεχωριστή καλωδίωση για τη διασύνδεση κάθε ζεύγους αισθητήρα και ενεργοποιητή, λόγω του **μειωμένου κόστους** και της **ευελιξίας** που παρέχουν.
- Έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι διασύνδεσης (διεπικοινωνίας) συστημάτων μέτρησης, στις οποίες έχουν βασιστεί διάφορα **πρότυπα (standards)** που εφαρμόζονται για την ανάπτυξη συστημάτων διαύλου πεδίου (LonWorks, Foundation Fieldbus, GPIB, PROFIBUS κ.ά.).
- Τέτοια **πρότυπα** αναλύονται στο μάθημα του 9ου εξαμήνου «**Βιομηχανικά δίκτυα**». Επίσης, λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών και των ειδικών τεχνικών που απαιτούν, η λειτουργία των **ασύρματων δικτύων αισθητήρων** διερευνάται στο μάθημα του 9ου εξαμήνου «**Αδόμετα και ασύρματα δίκτυα αισθητήρων**».



# Συστήματα διαύλου πεδίου

- Στα συστήματα διαύλου πεδίου οι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές συνδέονται μεταξύ τους μέσω ενός **κοινού διαύλου επικοινωνίας**.
- Στην περίπτωση που είναι επιθυμητή μια αποκλειστική σύνδεση αισθητήρα-ενεργοποιητή, αυτή μπορεί να υλοποιηθεί με κατάλληλη ρύθμιση στο λογισμικό ελέγχου του συστήματος.
- Τα μέρη που συμμετέχουν στο σύστημα μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω ψηφιακών σημάτων με χρήση **διάφορων μέσων**, όπως συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων, ομοαξονικό καλώδιο, γραμμές διανομής ενέργειας (powerlines), υπέρυθρη ακτινοβολία, ραδιοκύματα κ.ά.
- Συνήθως, η πληροφορία μεταδίδεται με τη **μορφή μηνυμάτων**, τα οποία χωρίζονται σε πεδία και η ακριβής μορφή των μηνυμάτων καθορίζεται από το πρότυπο επικοινωνίας.
- Κάθε μέρος του συστήματος αναγνωρίζεται από τη διεύθυνσή του στο δίαυλο και κάθε μήνυμα περιλαμβάνει τη **διεύθυνση προέλευσης** (source address), τη **διεύθυνση προορισμού** (destination address), τα **δεδομένα** και **πληροφορία ελέγχου σφάλματος**.
- Για τη μετάδοση των μηνυμάτων τα περισσότερα συστήματα χρησιμοποιούν το **πρωτόκολλο CSMA** (carrier sense multiple access, αίσθηση φορέα πολλαπλής πρόσβασης) που επιτρέπει στα μέρη του συστήματος να στέλνουν και να λαμβάνουν δεδομένα μέσα από ένα κοινό μέσο επικοινωνίας, παρακολουθώντας συνεχώς την κατάστασή του.

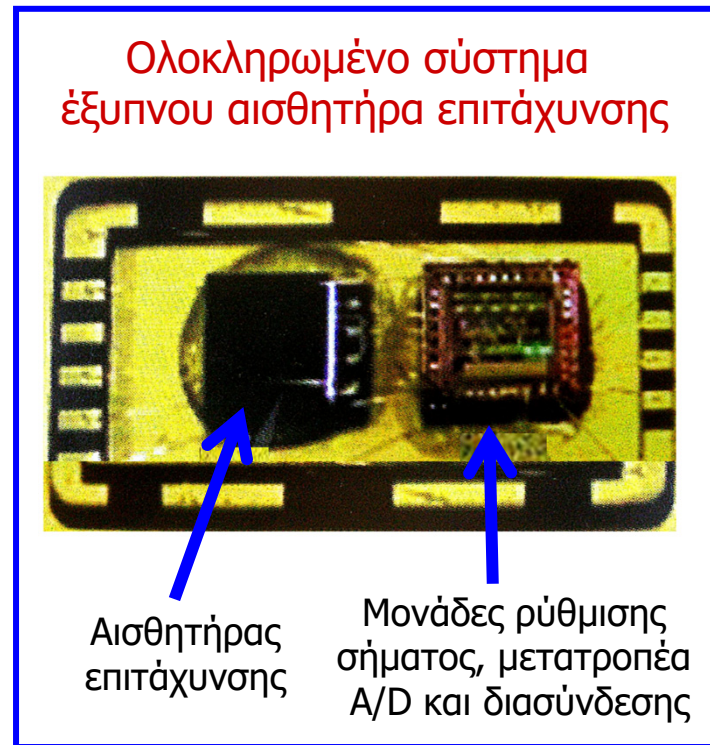
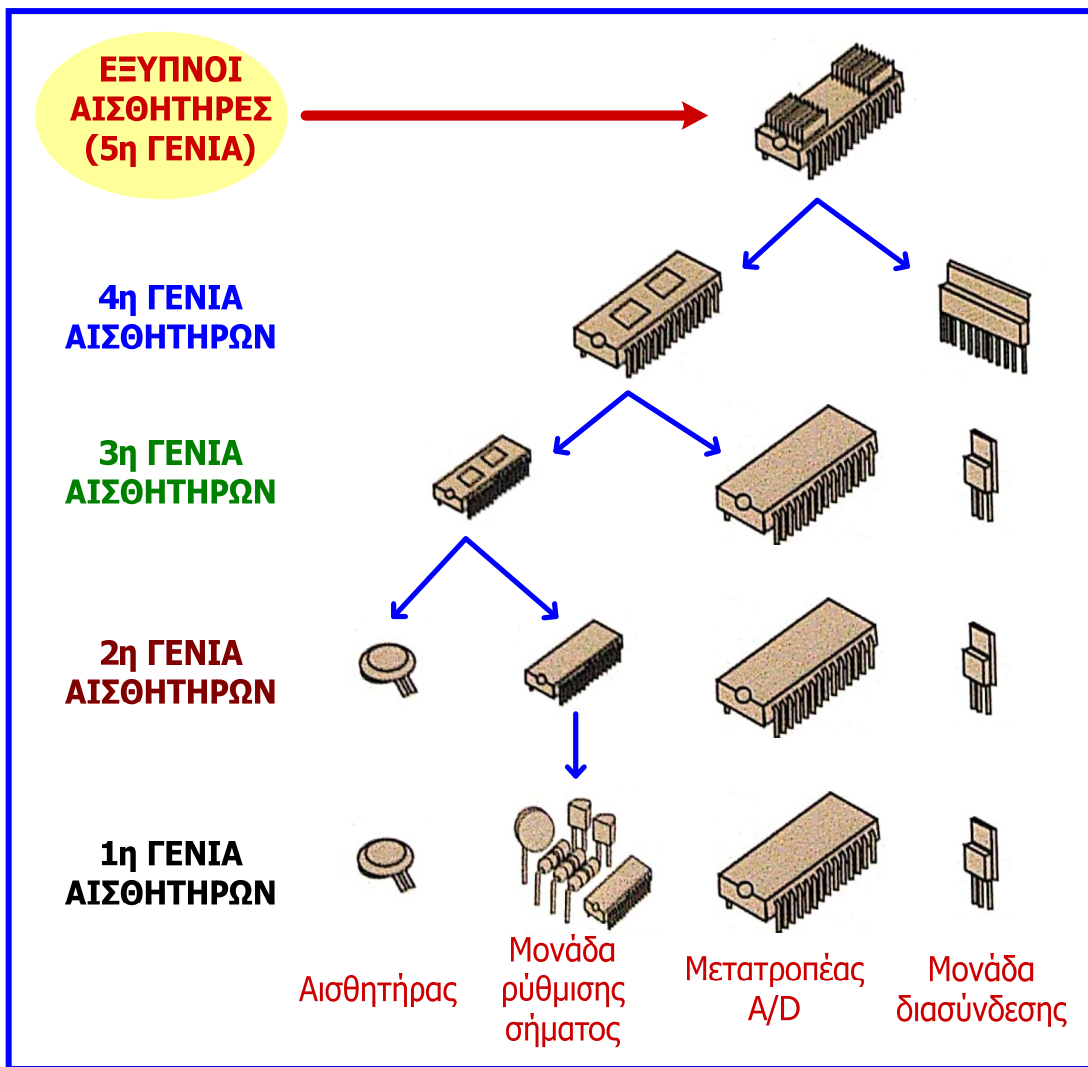
# Συστήματα διαύλου πεδίου



# Έξυπνοι αισθητήρες

- Οι μέθοδοι ανάπτυξης διατάξεων μέτρησης με αισθητήρες έχουν εξελιχθεί σε διάφορα στάδια.
- Η εξέλιξη των διατάξεων μέτρησης με αισθητήρες περιλαμβάνει 5 γενιές, σε κάθε γενιά από τις οποίες ολοκληρώνεται ένας αριθμός μονάδων του συστήματος (αισθητήρας, μονάδα ρύθμισης σήματος, μετατροπέας A/D, μονάδα διασύνδεσης).
- Στην **1η γενιά** κάθε μονάδα υλοποιούνται από διακριτά στοιχεία, ενώ στη **2η γενιά** η μονάδα ρύθμισης σήματος υλοποιείται σε ολοκληρωμένο κύκλωμα (IC).
- Στην **3η γενιά**, ο αισθητήρας και η μονάδα ρύθμισης ενσωματώνονται στο ίδιο ολοκληρωμένο κύκλωμα.
- Στις διατάξεις **4ης γενιάς**, ο μετατροπέας A/D υλοποιείται στο ίδιο ολοκληρωμένο κύκλωμα με τον αισθητήρα και τη μονάδα ρύθμισης σήματος.
- Οι **έξυπνοι αισθητήρες (5η γενιά)** που συγκεντρώνουν όλες τις μονάδες του **συστήματος σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα (system-on-chip, SoC)**, παράγουν ψηφιακή έξοδο, έχουν δυνατότητα αμφίδρομης επικοινωνίας με μικροεπεξεργαστή ή Η/Υ και υποστηρίζουν κάποιο πρωτόκολλο επικοινωνίας με σύστημα διαύλου πεδίου ή ασύρματο δίκτυο.
- Επίσης, περιλαμβάνουν δυνατότητες όπως η ανίχνευση και διόρθωση σφαλμάτων των μετρήσεων και η αντιστάθμιση παραγόντων που επηρεάζουν τη λειτουργία του αισθητήρα (π.χ. θερμοκρασία, υγρασία κ.ά.).

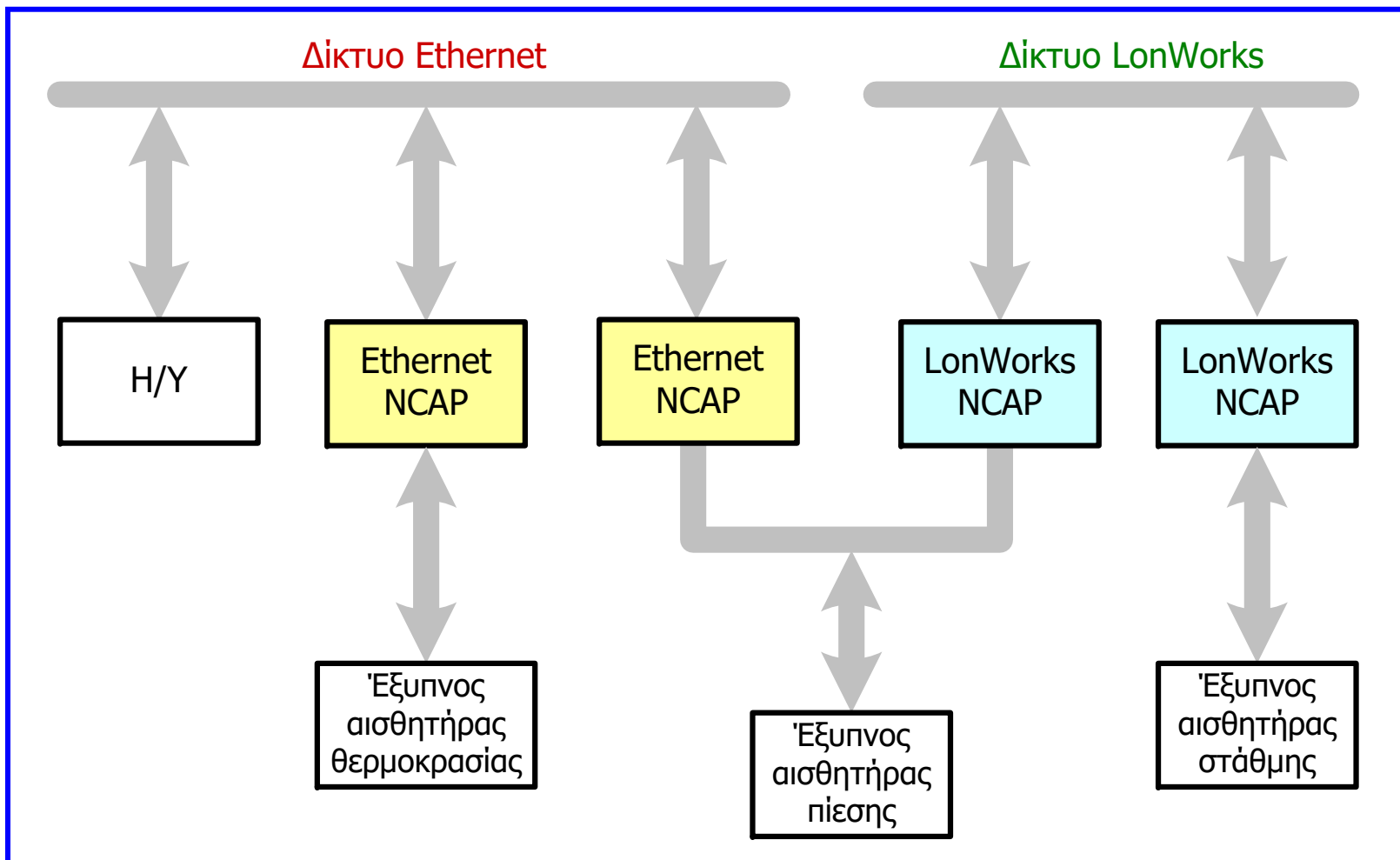
# Έξυπνοι αισθητήρες



# Έξυπνοι αισθητήρες

- Λόγω του μεγάλου πλήθους διαθέσιμων πρωτοκόλλων (προτύπων) συστημάτων διαύλου πεδίου και ασύρματων δικτύων, ο σχεδιασμός έξυπνων αισθητήρων με δυνατότητα σύνδεσης σε συστήματα, καθίσταται ιδιαίτερα δύσκολος.
- Αυτό συμβαίνει διότι κάθε έξυπνος αισθητήρας μπορεί να είναι συμβατός μόνο με ένα συγκεκριμένο πρότυπο διαύλου πεδίου, για το οποίο έχει σχεδιαστεί.
- Για να λυθεί το πρόβλημα αυτό, αναπτύχθηκε το **πρότυπο IEEE 1451**, το οποίο είναι ένα σύνολο υποπροτύπων που καθορίζουν τη διεπικοινωνία έξυπνων αισθητήρων με τα συστήματα διαύλου πεδίου, ανεξάρτητα από το πρότυπο που χρησιμοποιείται.
- Ο σκοπός της ανάπτυξης του προτύπου αυτού είναι ο **διαχωρισμός του σχεδιασμού του αισθητήρα από τον ελεγκτή δικτύου (network controller)**, ο οποίος υλοποιεί τη διεπικοινωνία με το επιθυμητό σύστημα διαύλου πεδίου.
- Ο ελεγκτής δικτύου στο πρότυπο IEEE 1451 αναφέρεται ως **επεξεργαστής εφαρμογών δικτυακών δυνατοτήτων (network capable application processor, NCAP)** και ο διαχωρισμός του από τον έξυπνο αισθητήρα, παρέχει τη **δυνατότητα σύνδεσης του ίδιου έξυπνου αισθητήρα σε οποιοδήποτε δίκτυο**.
- Τα υποπρότυπα του IEEE 1451 καθορίζουν τη διεπικοινωνία ενός αισθητήρα με τον NCAP, τον έλεγχο πολλών αισθητήρων από έναν NCAP, τη διεπικοινωνία αισθητήρα και NCAP με δυνατότητα αναλογικής και ψηφιακής λειτουργίας και την ασύρματη σύνδεση έξυπνων αισθητήρων.

# Έξυπνοι αισθητήρες



# Συμπεράσματα

- Κάθε απλό σύστημα μέτρησης καταλήγει σε μία μονάδα απεικόνισης των μετρούμενων τιμών ή/και μονάδα καταγραφής τους, ώστε να μπορούν να αναλυθούν μεταγενέστερα.
- Στην ενότητα αυτή περιγράψαμε τη λειτουργία βασικών μονάδων απεικόνισης και καταγραφής των παραμέτρων ή σημάτων που παράγουν οι αισθητήρες.
- Έχουν αναπτυχθεί αρκετοί τρόποι για την επίτευξη της οπτικής απεικόνισης μίας μέτρησης και τη μόνιμη καταγραφή της: αναλογικές μονάδες απεικόνισης (κινητού πηνίου, κινητού οπλισμού, παλμογράφος), ψηφιακές μονάδες απεικόνισης (με διόδους φωτοεκπομπής, LED ή με υγρούς κρυστάλλους, LCD), καταγραφικές μονάδες (κινητού πηνίου, σερβομηχανισμού, σχεδιογράφος ΧΥ, υπεριώδους φωτός, θερμικές).
- Η επιλογή της μεθόδου και του εξοπλισμού εξαρτάται κυρίως από το ρυθμό μεταβολής του σήματος, την απαιτούμενη ακρίβεια, το περιβάλλον μέτρησης και το κόστος.
- Η δομή ενός απλού συστήματος μέτρησης που περιλαμβάνει αισθητήρα, μονάδα (κύκλωμα) ρύθμισης σήματος και μονάδα απεικόνισης ή καταγραφής, έχει εξελιχθεί στη δομή ενός ψηφιακού συστήματος μέτρησης, στο οποίο η μονάδα απεικόνισης ή καταγραφής έχει αντικατασταθεί από μονάδα S-H, μετατροπέα A/D και μικροεπεξεργαστή ή Η/Υ.
- Η απεικόνιση, η ανάλυση και η καταγραφή των μετρήσεων σε βιομηχανικά περιβάλλοντα και εφαρμογές ελέγχου γίνεται σήμερα με χρήση συστημάτων συλλογής δεδομένων και ψηφιακών τεχνικών, με την πιο πρόσφατη εξέλιξη να είναι οι έξυπνοι αισθητήρες.



Τέλος 2<sup>ης</sup> ενότητας