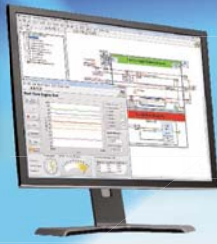


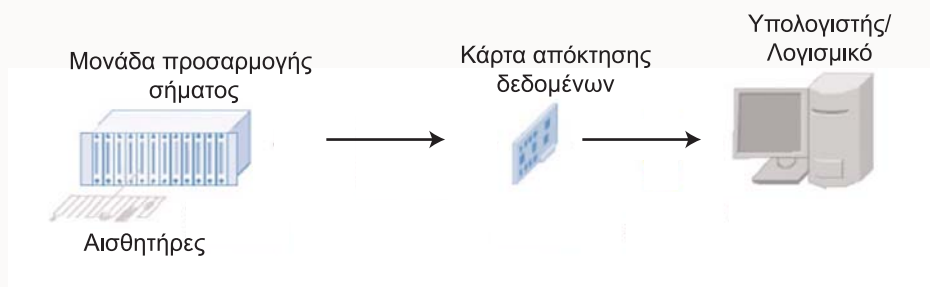
2



Συστήματα συλλογής δεδομένων

2.1 Συστήματα συλλογής δεδομένων

Συλλογή δεδομένων (Data Acquisition, DAQ) καλείται η μέθοδος μέσω της οποίας μεγέθη όπως: η τάση, το ρεύμα, η πίεση, η ροή, η θερμοκρασία, κ.α., απεικονίζονται, και καταγράφονται μέσω υπολογιστικής μονάδας. Για το σκοπό αυτό ένα σύστημα συλλογής δεδομένων (Data Acquisition System) μετατρέπει το εισερχόμενο σήμα σε ψηφιακό δεδομένο. Υπεύθυνο για την επεξεργασία των αποκτημένων πληροφοριών είναι το λογισμικό που φέρει το σύστημα DAQ μέσω του οποίου εκτελούνται διεργασίες όπως: μετρήσεις ηλεκτρικών μεγεθών, ανάλυση σήματος στο πεδίο της συχνότητας/χρόνου, στατιστική ανάλυση σήματος, και πλήθος άλλων επεξεργασιών. Με τη χρησιμοποίηση μονάδων υψηλής τεχνολογίας, και λογισμικών επεξεργασίας σημάτων, όπως το LabVIEW της National Instruments μπορεί να επιτευχθεί υψηλή ακρίβεια μέτρησης και ελέγχου της πληροφορίας του σήματος σε κάποια εργαστηριακή ή βιομηχανική εφαρμογή. Ένα σύστημα συλλογής δεδομένων (DAQ) περιλαμβάνει σύνθεση των βαθμίδων του Σχήματος 2.1.



Σχήμα 2.1: Δομή συστήματος συλλογής, απεικόνισης και καταγραφής δεδομένων.

2.1.1 Υπολογιστική μονάδα

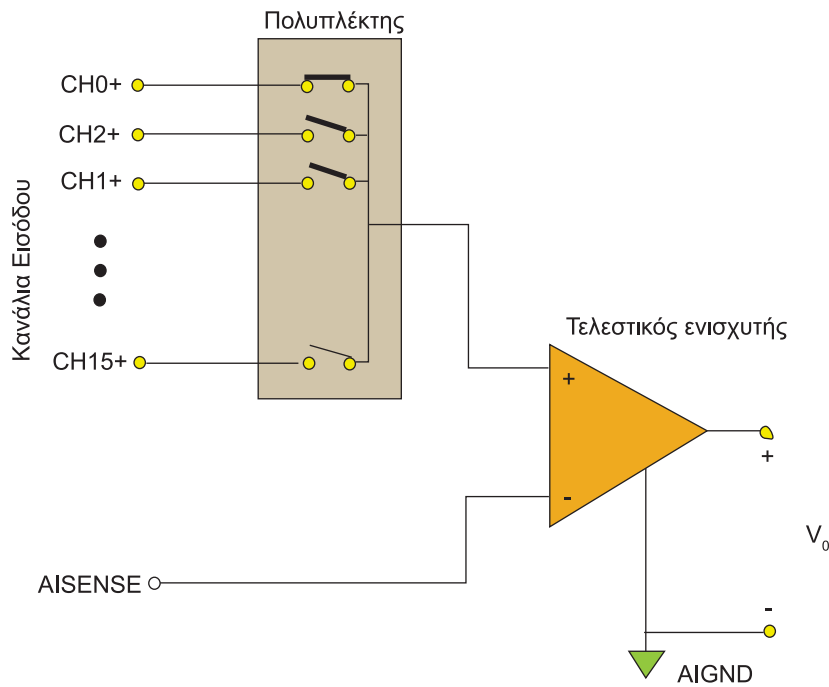
Η υπολογιστική μονάδα μπορεί να είναι είτε ένας βιομηχανικός, είτε ένας ενσωματωμένος υπολογιστής, είτε και ένας προσωπικός υπολογιστής (PC).

2.1.2 Αισθητήρες

Κάθε σύστημα συλλογής δεδομένων περιέχει έναν ή και περισσότερους αισθητήρες με ή χωρίς ενσωματωμένο μεταδότη σήματος βιομηχανικού προτύπου.

2.1.3 Μονάδες προσαρμογής σήματος

Τα χαμηλού επιπέδου σήματα πρέπει να ενισχυθούν και να φιλτραριστούν σε ένα επίπεδο ώστε οι κάρτες μετατροπής αναλογικών σημάτων σε ψηφιακό να είναι ικανές για την απόκτηση και την επεξεργασία



Σχήμα 2.11: Μέθοδος μοναδιαίας σύνδεσης σημάτων χωρίς αναφορά σε κάρτα DAQ.

2.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά αναλογικών εισόδων καρτών DAQ

Η μελέτη των αναλογικών εισόδων των καρτών DAQ μας δίνει πληροφορίες για τις δυνατότητες και την ακρίβεια μέτρησης του συστήματός μας. Τα χαρακτηριστικά που θα πρέπει να προδιαγράφονται στις αναλογικές εισόδους των συσκευών DAQ είναι:

- ο αριθμός καναλιών,
- η συχνότητα δειγματοληψίας,
- η ανάλυση,
- η κλίμακα,
- το εύρος κώδικα, και
- η αντίσταση εισόδου.

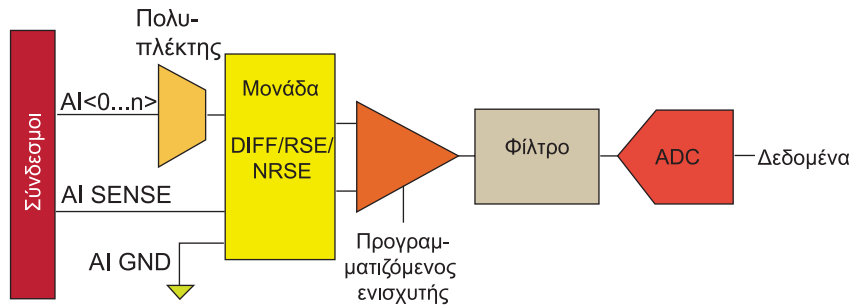
Αριθμός Καναλιών: Ο αριθμός των αναλογικών εισόδων (analog input) π.χ.: 4, 8, 16 κ.ο.κ διευκρινίζεται τόσο για τους τρόπους συνδεσμολογιών RSE και NRSE σημάτων όσο και για τη μέθοδο διαφορικής μέτρησης (DIFF). Για παράδειγμα αναφέρουμε την κάρτα PCI-6220 της NI που φέρει 16 κανάλια RSE και τη δυνατότητα σύνδεσης:

$$\frac{16 \text{ RSE}}{2} = 8 \text{ διαφορικών καναλιών DIFF}$$

Συχνότητα δειγματοληψίας: Η συχνότητα δειγματοληψίας σε μία κάρτα DAQ αναφέρεται για τη λειτουργία ενός καναλιού. Επειδή ο ίδιος μετατροπέας κάνει δειγματοληψία μέσω πολυπλεξίας σε πολλά κανάλια, η ουσιαστική συχνότητα δειγματοληψίας σε κάθε κανάλι είναι αντιστρόφως ανάλογη του αριθμού των καναλιών στα οποία γίνεται δειγματοληψία. Για παράδειγμα, η κάρτα PCI-6220 αναφέρει στο εγχειρίδιό της συχνότητα δειγματοληψίας 250 kS/s. Συνεπώς ο μέγιστος πραγματικός ρυθμός συλλογής για κάθε αθροιστικό κανάλι (n) εισόδου στο σύστημα είναι:

$$\frac{250 \text{ ks}}{n}$$

Στο Σχήμα 2.12 φαίνεται η θέση του πολυπλέκτη στην είσοδο μιας κάρτας DAQ αμέσως μετά τον τερματικό σύνδεσμο.



Σχήμα 2.12: Διάγραμμα κάρτας DAQ και θέση πολυπλέκτη στο σύστημα.

Σε περιπτώσεις όπου υπάρχει ταυτόχρονη δειγματοληψία για όλα τα κανάλια (Simultaneous sampling) η συχνότητα δειγματοληψίας είναι κοινή για όλα τα κανάλια. Για παράδειγμα αναφέρουμε την κάρτα NI PCI-6123 με συχνότητα δειγματοληψίας 500 kS/s/ch για κάθε κανάλι. Το κόστος για τις κάρτες αυτές είναι πολύ υψηλότερο από ότι της κάρτες με πολυπλεξία εισόδων.

Ανάλυση: Ο αριθμός των bits που χρησιμοποιεί ο μετατροπέας ADC για να αναπαραστήσει το αναλογικό σήμα ορίζεται ως ανάλυση (resolution). Όσο υψηλότερη είναι η ανάλυση, τόσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός υποδιαϊρέσεων του εύρους και συνεπώς τόσο μικρότερη η ανιχνεύσιμη αλλαγή τάσης στην είσοδό του. Για παράδειγμα η κάρτα PCI-6220 αναφέρει στο εγχειρίδιο της ανάλυση 12 bit. Συναντάμε όμως και κάρτες όπως η PCI-6232 με ανάλυση 24bit για χρήση σε μετρήσεις όπου απαιτείται υψηλή ακρίβεια όπως σε περιπτώσεις καταγραφείς δονήσεων. Η ανάλυση των 16 bit είναι η πιο συνηθής χρησιμοποιούμενη από τις περισσότερες κάρτες DAQ.

Κλίμακα: Ως κλίμακα αναφέρεται το κατώτατο και το ανώτατο επίπεδο τάσης που ο μετατροπέας ADC μπορεί να κβαντίσει, για παράδειγμα από -10V έως 10V . Οι συσκευές DAQ πρέπει να προσφέρουν δυνατότητα επιλογής εύρους, έτσι ώστε η συσκευή να μπορεί να λειτουργεί με ποικιλία πεδίων τιμών τάσης. Για παράδειγμα όταν κάρτα PCI 6220 με κλίμακα εισόδου από -10V έως 10V και ανάλυση 16 bit χρησιμοποιείται για την απόκτηση σήματος από μεταδότη, με πλάτος από -1V έως 1V θα πρέπει να προγραμματιστεί η κλίμακα εισόδου της για το συγκεκριμένο πεδίο τιμών ώστε η ανάλυση των 16 bit να προσαρμοστεί σε αυτή την κλίμακα, για απόδοση μεγαλύτερης ακρίβειας στο προς μέτρηση μέγεθος.

Εύρος κώδικα: Η ανάλυση και η κλίμακα εισόδου μιας συσκευής/κάρτας DAQ καθορίζουν τη μικρότερη ανιχνεύσιμη αλλαγή στο σήμα εισόδου για την οποία ισχύει η σχέση:

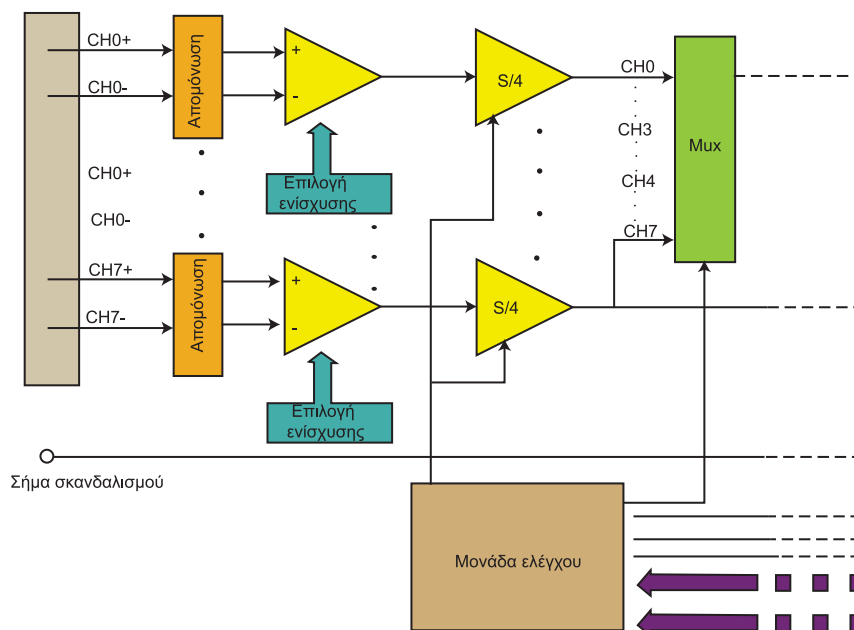
$$\text{Εύρος κώδικα} = \frac{\text{πεδίο τιμών}}{\text{Απολαβή} \cdot 2^{\text{bit ανάλυσης}}}$$

Αντίσταση εισόδου: Η τυπική τιμή αντίστασης εισόδου για τις κάρτες DAQ είναι συνήθως μεγαλύτερη από $10\text{GM}\Omega$.

2.5 Κάρτες DAQ ταυτόχρονης συλλογής

Μια κάρτα DAQ για την ταυτόχρονη συλλογή σημάτων από όλες τις εισόδους της, χρησιμοποιεί στην δομή της, είτε διατάξεις ταυτόχρονης δειγματοληψίας (Simultaneous Sample and Hold - SSH), είτε μονάδες πολλαπλών ADC μετατροπέων (Multi - ADC).

Κατά την πρώτη περίπτωση σε κάθε είσοδο ταυτόχρονης δειγματοληψίας υπάρχει ένα κύκλωμα δειγματοληψίας και συγκράτησης. Το σήμα συγκράτησης οδηγείται ταυτόχρονα σε όλα τα κυκλώματα δειγματοληψίας\συγκράτησης της διάταξης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ταυτόχρονη απόκτηση του σήματος από ένα μεγάλο αριθμό 'n' καναλιών εισόδου. Στη συνέχεια ένας ταχύτατος αναλογικός πολυπλέκτης μεταφέρει την έξοδο του κάθε κυκλώματος σε κοινή διάταξη δειγματοληψίας\συγκράτησης, από την οποία ο μετατροπέας του σήματος από αναλογικό σε ψηφιακό μετατρέπει την αναλογική πληροφορία του σήματος σε ψηφιακή. Βασικό μειονέκτημα αυτής της τεχνικής αποτελεί ο μεγάλος συνολικός χρόνος που απαιτείται για τη μετατροπή των σημάτων. Στο Σχήμα 2.13 απεικονίζεται το τμήμα εισόδου κάρτας ταυτόχρονης δειγματοληψίας με διαφορετικές εισόδους. Στην είσοδο κάθε κυκλώματος δειγματοληψίας και συγκράτησης υπάρχει για την ενίσχυση του σήματος ένας προγραμματιζόμενος ενισχυτής οργανολογίας (PGIA). Η έξοδος κάθε κυκλώματος δειγματοληψίας\συγκράτησης συνδέεται στον αναλογικό πολυπλέκτη ο οποίος μεταβιβάζει το σήμα συλλογής για τη μετατροπή του από κάρτα μετατροπής του σήματος από αναλογικό σε ψηφιακό.

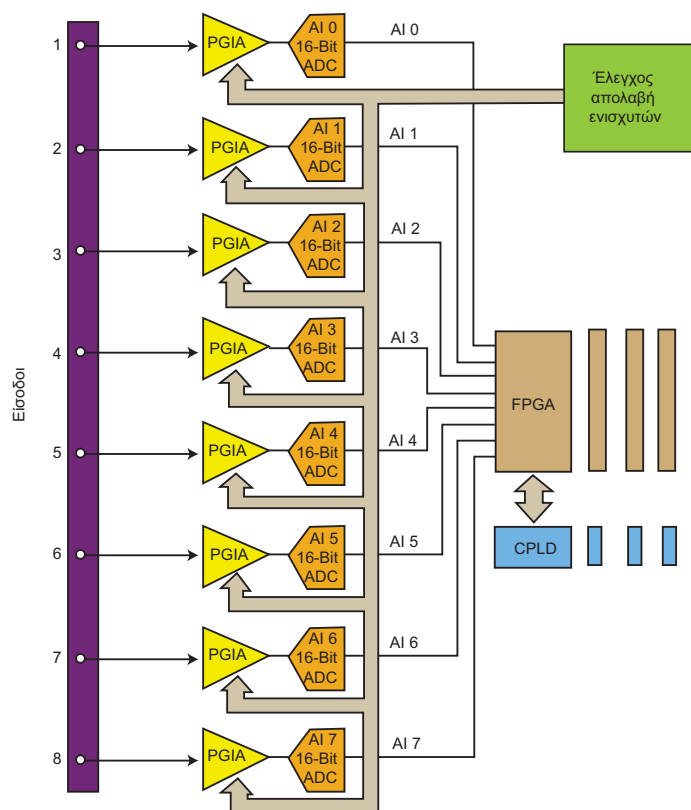


Σχήμα 2.13: Λειτουργικό διάγραμμα κάρτας ταυτόχρονης δειγματοληψίας.

Με την εφαρμογή της τεχνικής πολλαπλών ADC μετατροπέων (Multi-ADC) γίνεται γρηγορότερη απόκτηση δεδομένων σε σχέση με τη διάταξη ταυτόχρονης δειγματοληψίας. Το μειονέκτημα της τεχνικής πολλαπλών ADC μετατροπέων είναι το υψηλότερο κόστος. Κάθε κανάλι εισόδου του συστήματος περιλαμβάνει κύκλωμα δειγματοληψίας\συγκράτησης και μετατροπέα σήματος από αναλογικό σε ψηφιακό που συγχρονίζονται από κοινό σήμα ρολογιού, όπως απεικονίζεται στο τμήμα εισόδου κάρτας του Σχήματος 2.14. Η είσοδος κάθε καναλιού φέρει έναν προγραμματιζόμενο ενισχυτή οργανολογίας (PGIA) και ένα ADC μετατροπέα.

2.6 Ειδικά χαρακτηριστικά εισόδου καρτών DAQ

Αν και οι βασικές προδιαγραφές που περιγράφηκαν προηγουμένως όσο αφορά την ψηφιοποίηση μπορούν να προδιαγράψουν μια συσκευή DAQ που έχει έναν μετατροπέα A/D 16bit με συχνότητα δειγματοληψίας 100kS/s, ωστόσο μπορεί να μην δύναται να κάνει δειγματοληψία με πλήρη ταχύτητα και στα 16 κανάλια και να μην έχει πλήρη 16-bit ακρίβεια. Για να καθοριστεί εάν η συσκευή που εξετάζουμε θα



Σχήμα 2.14: Τμήμα εισόδου τυπικής κάρτας της National Instruments με πολλαπλούς ADC μετατροπής.

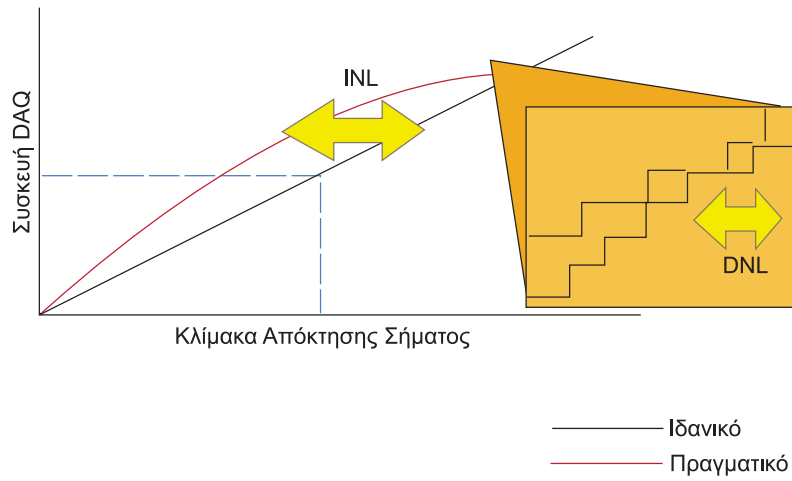
μας δώσει τα επιθυμητά αποτελέσματα, διερευνούμε τις προδιαγραφές που υπερβαίνουν την ανάλυση της αξιολογώντας τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- γραμμικά και μη γραμμικά σφάλματα,
- σχετική ακρίβεια,
- χρόνος σταθεροποίησης ενισχυτών,
- θόρυβος, και
- μεταβολή θερμοκρασίας.

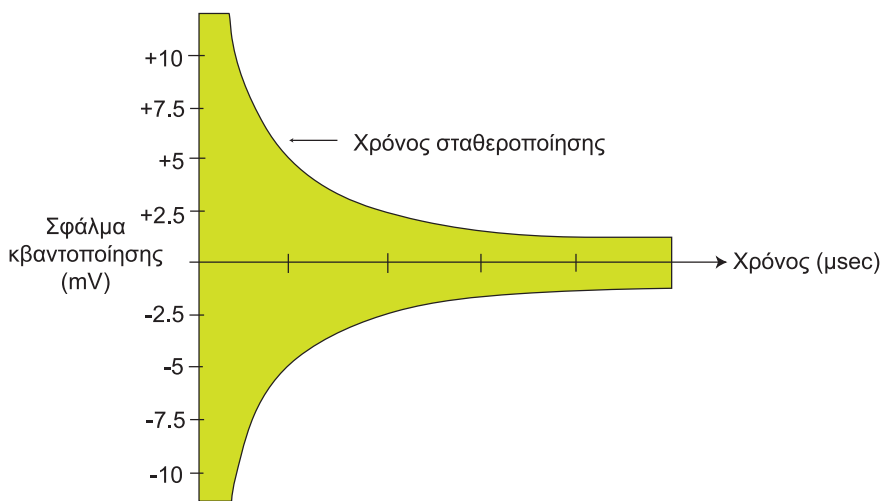
Γραμμικά και μη γραμμικά σφάλματα: Οι τύποι σφαλμάτων που συνδέονται με τους ADC μετατροπείς διακρίνονται σε: γραμμικά, και μη γραμμικά σφάλματα. Τα γραμμικά σφάλματα περιλαμβάνουν τα σφάλματα κέρδους και τα σφάλματα αντιστάθμισης (offset errors). Είναι σχετικά εύκολο και τα δύο να διορθωθούν με μια απλή γραμμική εξίσωση μέσω κάποιας διαδικασίας ενσωματωμένης βαθμονόμησης. Εντούτοις, τα μη γραμμικά σφάλματα είναι σημαντικό να ελαχιστοποιηθούν κατά τη σχεδίαση των συσκευών επειδή είναι πιο δύσκολο να διορθωθούν μέσω λογισμικού. Τα μη γραμμικά σφάλματα αποτελούνται από: τη διαφορική μη γραμμικότητα, και την ολοκληρωτική μη γραμμικότητα. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.15, η διαφορική μη γραμμικότητα (Differential Non Linearity, DNL) αντιπροσωπεύει τις διαφορές στη δυνατότητα της συσκευής DAQ να ανιχνεύει αλλαγές τάσης σε όλο το εύρος της συσκευής. Οι αποκλίσεις από αυτή την ιδανική ευθεία γραμμή για τις πραγματικές κάρτες DAQ ορίζονται ως το μέγεθος της ολοκληρωτικής μη γραμμικότητας (Integral Non Linearity, INL).

Σχετική ακρίβεια: Η σχετική ακρίβεια είναι ένα μέγεθος που μετράται σε LSB και αναφέρεται στη χειρότερη δυνατή απόκλιση από την ιδανική συνάρτηση μεταφοράς των συσκευών DAQ.

Χρόνος σταθεροποίησης: Ο χρόνος σταθεροποίησης είναι ο χρόνος που απαιτείται για παράδειγμα από έναν ενισχυτή ή άλλα κυκλώματα να φθάσουν σε έναν σταθερό τρόπο λειτουργίας. Το Σχήμα 2.16 παρουσιάζει την περίπτωση χρόνου σταθεροποίησης για μια 12 bit συσκευή DAQ σειράς E της NI. Το σφάλμα κβαντοποίησης αυτής της συσκευής είναι 1,8 mV στο πεδίο των 10V.



Σχήμα 2.15: Γράφημα γραμμικοποίησης σε κάρτα DAQ.



Σχήμα 2.16: Χρόνος σταθεροποίησης για συσκευή DAQ 12 bit σειράς E της NI.

Θόρυβος: Οποιοδήποτε ανεπιθύμητο σήμα εμφανίζεται στο ψηφιοποιημένο σήμα της συσκευής DAQ είναι θόρυβος. Η κατάλληλη θωράκιση πρέπει όχι μόνο να προστεθεί γύρω από τα ευαίσθητα αναλογικά τμήματα μιας συσκευής DAQ, αλλά πρέπει επίσης να καλύψει τα στρώματα της μονάδας που φέρουν γείωση (Σχ. 2.17).



Σχήμα 2.17: Κάρτα PCI 6281 με μεταλλική θωράκιση.

Μεταβολή Θερμοκρασίας: Η ακρίβεια της συσκευής DAQ αλλάζει καθώς η θερμοκρασία της συσκευής μεταβάλλεται. Για την αντιστάθμιση της θερμοκρασίας οι συσκευές πρέπει να φέρουν στην αρχιτεκτονική τους χαρακτηριστικά όπως: αρίστης ποιότητας εξαρτήματα που έχουν σταθερές τιμές σε ένα ευρύ πεδίο θερμοκρασιών, εξαρτήματα αντιστάθμισης εξαλείφοντας αποτελεσματικά τα σφάλματα και τέλος ενσωματωμένο αισθητήρα θερμοκρασίας στον οποίο οποιοδήποτε πρόγραμμα ή χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση, για να αξιολογήσει την τρέχουσα θερμοκρασία της συσκευής.

2.7 Αναλογικοί εξοδοί καρτών DAQ

Τα κυκλώματα αναλογικής εξόδου απαιτούνται για τη διέγερση των ενεργοποιητών ενός συστήματος μετρήσεων και ελέγχου. Οι προδιαγραφές για έναν ψηφιακό σε αναλογικό μετατροπέα (DAC) που καθορίζουν την ποιότητα του σήματος εξόδου είναι:

- ο χρόνος σταθεροποίησης,
- ο ρυθμός μεταβολής,
- η ανάλυση εξόδου,
- το ρεύμα εξόδου, και
- η κλίμακα εξόδου.

Χρόνος Σταθεροποίησης: Είναι ο χρόνος που απαιτείται για τη σταθεροποίηση της τιμής του σήματος εξόδου στη συγκεκριμένη ακρίβεια που ορίζει ο κώδικας. Για την κάρτα PCI-6220 η τιμή του χρόνου σταθεροποίησης για ένα LSB είναι 6 μsec .

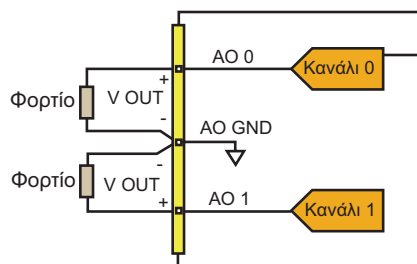
Ρυθμός μεταβολής: Είναι ο μέγιστος ρυθμός μεταβολής που ο μετατροπέας D/A μπορεί να παράγει το σήμα εξόδου. Για την κάρτα PCI-6220 η τιμή του ρυθμού μεταβολής είναι 833Ks/s.

Ανάλυση Εξόδου: Είναι ο αριθμός των bit στον ψηφιακό κώδικα που παράγει την αναλογική έξοδο. Για την κάρτα PCI-6220 η τιμή της ανάλυσης εξόδου είναι 16bit.

Ρεύμα εξόδου: Είναι η μέγιστη τιμή του ρεύματος εξόδου που μπορεί να παρέχει η κάρτα DAQ. Για την κάρτα PCI-6220 η μέγιστη τιμή του ρεύματος για κάθε αναλογική έξοδο είναι 5mA.

Κλίμακα εξόδου: Ως κλίμακα εξόδου ορίζεται το πεδίο τιμών παραγωγής πλάτους σε κάθε αναλογική έξοδο της κάρτας. Για την κάρτα PCI-6220 η κλίμακα εξόδου είναι από -10 έως 10 V.

Στο σχήμα 2.18 παρουσιάζεται η τεχνική συνδεσμολογία φορτίων σε αναλογική έξοδο κάρτας DAQ.



Σχήμα 2.18: Συνδεσμολογία φορτίων σε αναλογική έξοδο κάρτας DAQ.

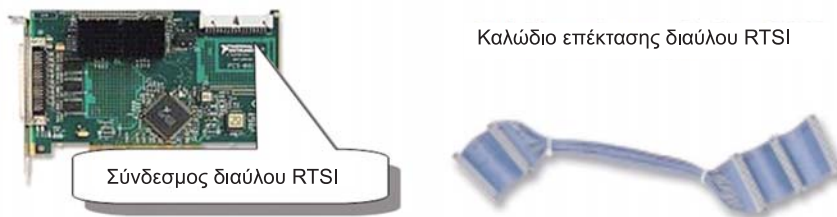
2.7.1 Ειδικά χαρακτηριστικά εξόδων

Για να καθοριστεί εάν η συσκευή που εξετάζουμε ικανοποιεί τις ανάγκες του συστήματος μας πέραν των βασικών προδιαγραφών που περιγράφηκαν προηγουμένως, εξετάζουμε εάν αυτή φέρει στη δομή της τα ακόλουθα:

- δίαυλο RTSI,
- ψηφιακές εισοδοί /έξοδοι (DIO),

- απεριθμητή/ χρονομέτρη (Counter/Timer),
- είσοδο σκανδαλισμού (Trigger),
 - ψηφιακός σκανδαλισμός (Digital Trigger)
 - σκανδαλισμός λογισμικού (Software Trigger)
- προγραμματιζόμενη διεπαφή (PFI),
- βαθμονόμηση (Calibration), και
- αντικατάσταση.

Διάυλος RTSI: Η NI ανέπτυξε το διάυλο RTSI (Real Time System Integration, RTSI) για τις συσκευές DAQ (Σχ. 2.19). Ο διάυλος RTSI χρησιμοποιεί έναν ειδικό πίνακα πυλών και μια καλωδιοταινία για να δρομολογήσει σήματα συγχρονισμού και σήματα σκανδαλισμού μεταξύ πολλαπλών λειτουργιών σε μία μονάδα DAQ ή μεταξύ δύο ή περισσότερων μονάδων.

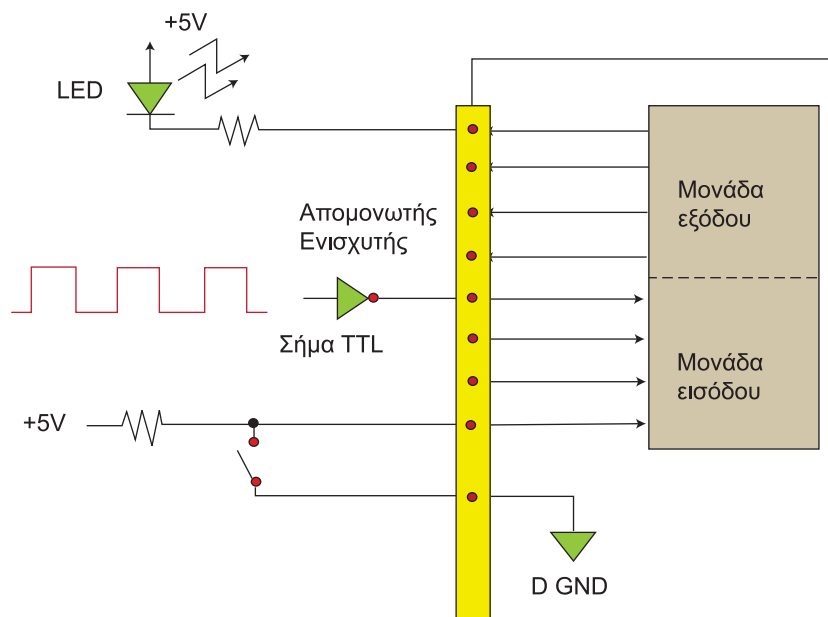


Σχήμα 2.19: Κάρτα DAQ με δίαυλο RTSI.

Ψηφιακοί είσοδοι/έξοδοι (DIO): Οι ψηφιακοί είσοδοι/ έξοδοι (Digital Input Output, DIO) χρησιμοποιούνται συχνά στα συστήματα μετρήσεων και ελέγχου για να ελέγξουν διεργασίες παράγοντας σήματα σκανδαλισμού σε ρόλο ελέγχου επικοινωνίας περιφερειακού εξοπλισμού. Σε οποιαδήποτε περίπτωση, οι σημαντικές παράμετροι που εξετάζονται περιλαμβάνουν:

- το διαθέσιμο αριθμό ψηφιακών γραμμών,
- το ρυθμό με τον οποίο είναι δυνατή η είσοδος ψηφιακών δεδομένων στις γραμμές αυτές, και
- την ικανότητα οδήγησης των γραμμών.

Στο Σχήμα 2.20 απεικονίζονται οι τεχνικές συνδεσμολογιών σε ψηφιακές εισόδους κάρτας DAQ.

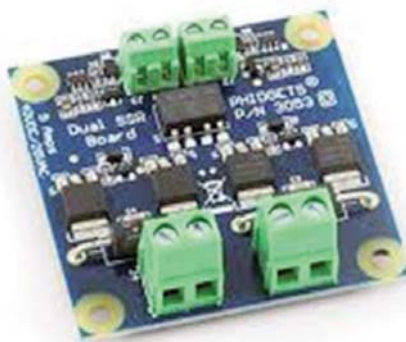


Σχήμα 2.20: Τεχνικές συνδεσμολογιών σε ψηφιακές εισόδους κάρτας DAQ.

Εάν οι ψηφιακές γραμμές χρησιμοποιούνται για έλεγχο λειτουργιών όπως το άνοιγμα και το κλείσιμο θερμοαστρών, μηχανών ή φώτων, δεν απαιτείται υψηλός ρυθμός δεδομένων. Σε καθένα από αυτά τα παραδείγματα η τιμή ρεύματος που απαιτείται για την ενεργοποίηση και την απενεργοποίηση των συσκευών φυσικά δεν μπορεί να παραχθεί από τον ίδιο οδηγό της συσκευής. Με κατάλληλα εξαρτήματα βελτίωσης ψηφιακών σημάτων μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τα χαμηλής στάθμης σήματα TTL προς έλεγχο σημάτων υψηλής τάσης και έντασης. Η τάση και το ρεύμα για παράδειγμα, που χρειάζονται για να ανοίξουμε και να κλείσουμε μια ηλεκτροβάννα μπορεί να είναι της τάξης των 220VAC/0,5A. Λόγω ότι η ψηφιακή έξοδος μιας συσκευής DAQ κυμαίνεται από 0V έως 5VDC και έντασης μερικών mA, απαιτούνται στοιχεία όπως: ηλεκτρομαγνητικά ή στερεάς κατάστασης SSR (Solid State Relay, SSR) ρελέ, ή εξάρτημα οδήγησης ισχύος SCXI προκειμένου ένα σήμα TTL να ενεργοποιήσει την ηλεκτροβάννα (Σχ. 2.21).



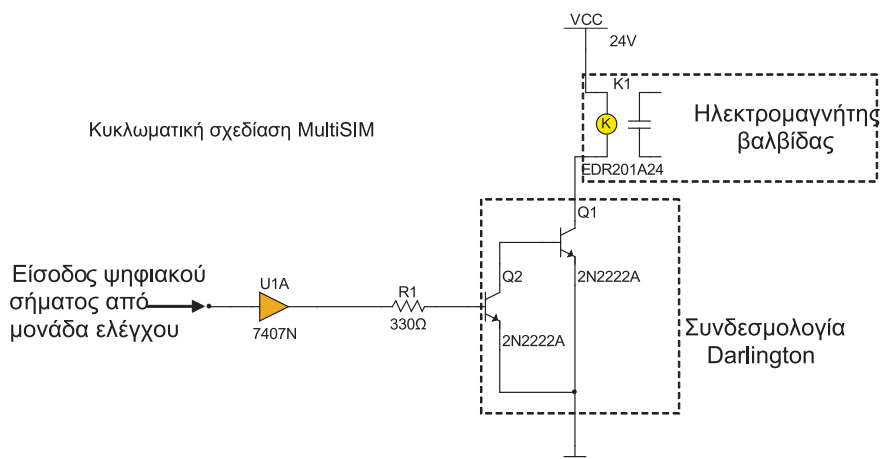
α)



β)

Σχήμα 2.21: Τυπικά δείγματα καρτών α) ηλεκτρομαγνητικών και β) στερεάς κατάστασης ρελέ.

Στην παρακάτω εικόνα (Σχ. 2.22) παρουσιάζεται ένα τυπικό κύκλωμα ελέγχου ηλεκτροβαλβίδα από ψηφιακή έξοδο TTL ενός μικροελεγκτή. Το τρανζίστορ έρχεται στην περιοχή του κόρου σε κάθε θετικό μέτωπο του παλμού που δέχεται στην είσοδό του. Αποτέλεσμα αυτού είναι το πηνίο της ηλεκτροβαλβίδας να διαρρέεται από μέγιστο ρεύμα μέσω του συλλέκτη του τρανζίστορ.



Σχήμα 2.22: Τυπικό κύκλωμα ελέγχου ηλεκτροβαλβίδας.

Απαριθμητής\Χρονομέτρης: Η απαρίθμηση/ χρονομέτρηση (counter/timer) γεγονότων (events) είναι χρήσιμη σε πολλές εφαρμογές, όπως: της καταγραφής των εμφανίσεων ενός ψηφιακού γεγονότος, του συγχρονισμού και της παραγωγής ψηφιακών παλμών, κ.α.. Οι σημαντικότερες προδιαγραφές της λειτουργίας ενός απαριθμητή είναι η ανάλυση και η συχνότητα του ρολογιού. Ανάλυση (resolution) ορίζεται ως ο αριθμός των bit που χρησιμοποιεί ο μετρητής. Μια υψηλή ανάλυση σημαίνει ότι ο μετρητής μπορεί να μετρήσει σε μεγαλύτερη κλίμακα. Η συχνότητα του ρολογιού καθορίζει την ταχύτητα με την οποία μπορεί να λειτουργήσει η ψηφιακή είσοδος της πηγής

Τα σήματα ελέγχου ενός απαριθμητή\ χρονομετρητή είναι:

- **Πύλη:** Η πύλη (Gate) είναι μια ψηφιακή είσοδος που χρησιμοποιείται για να θέσει εντός ή εκτός λειτουργίας το μετρητή.
- **Πηγή:** Η πηγή (Source) είναι μια ψηφιακή είσοδος που προκαλεί την αύξηση της τιμής του μετρητή κάθε φορά που λαμβάνει πληροφορία σήματος, και επομένως παρέχει τη χρονική αναφορά για τη λειτουργία του μετρητή.
- **Έξοδος:** Η έξοδος παράγει τους ψηφιακούς τετραγωνικούς παλμούς στη γραμμή εξόδου.

Σκανδαλισμός: Πολλές εφαρμογές μετρήσεων και ελέγχου πρέπει να εκκινήσουν ή να τερματίσουν μια λειτουργία DAQ βασισμένες σε ένα εξωτερικό γεγονός. Οι ψηφιακοί σκανδαλισμοί συγχρονίζουν την απόκτηση και την παραγωγή τάσης με έναν εξωτερικό ψηφιακό παλμό. Οι αναλογικοί σκανδαλισμοί, χρησιμοποιούνται σε διαδικασίες αναλογικής εισόδου, αρχίζουν ή τερματίζουν τη λειτουργία DAQ όταν ένα σήμα εισόδου φτάσει σε μία συγκεκριμένη στάθμη σήματος. Διακρίνονται δύο είδη σκανδαλισμού σε μία συσκευή DAQ:

- ο ψηφιακός (εφαρμογή σήματος TTL), και
- ο λογισμικός σκανδαλισμός (κώδικας).

Ψηφιακός Σκανδαλισμός (Digital Trigger): Ψηφιακό σκανδαλισμό (Digital Trigger) αποτελεί συνήθως ένα σήμα TTL δύο επιπέδων (υψηλό και χαμηλό). Όταν το σήμα μεταβιβάζεται από υψηλό σε χαμηλό επίπεδο ή από χαμηλό σε υψηλό, τότε δημιουργείται μια ψηφιακή ακμή (digital edge) η οποία λαμβάνεται από το υλικό της κάρτας ως σήμα σκανδαλισμού.

Σκανδαλισμός Λογισμικού (Software Trigger): Με το σκανδαλισμό λογισμικού, μπορούμε να μιμηθούμε έναν αναλογικό σκανδαλισμό χρησιμοποιώντας το λογισμικό. Αυτή η μορφή σκανδαλισμού χρησιμοποιείται συχνά στις καταστάσεις όπου σκανδαλισμοί υλικού δεν είναι διαθέσιμοι.

Προγραμματιζόμενη διεπαφή: Η προγραμματιζόμενη διεπαφή (Programmable Function Interface, PFI) αποτελεί μια δυναμική είσοδο που μπορεί να προγραμματιστεί, ώστε να φέρει συγκεκριμένες ιδιότητες, όπως: ψηφιακή είσοδος, ψηφιακή έξοδος, μετρητής γεγονότων, ή απαριθμητής. Για παράδειγμα ο ακροδέκτης PFI της μονάδας USB 6008 και 6009 μπορεί να λειτουργήσει ως μετρητής γεγονότων.

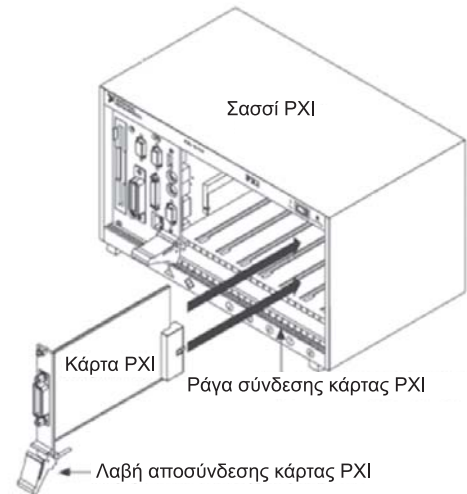
Βαθμονόμηση: Με το πέρασμα του χρόνου οι περιβαλλοντικές συνθήκες μπορούν να επηρεάσουν τη λειτουργία των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων σε ένα σύστημα DAQ. Εάν τα αποτελέσματα της μέτρησης ενός πρότυπου σήματος δεν συμπίπτει με την ανίχνευση τιμή από την κάρτα, τότε πρέπει να γίνει βαθμονόμηση.

2.8 Συστήματα συλλογής δεδομένων βιομηχανικού σχεδιασμού

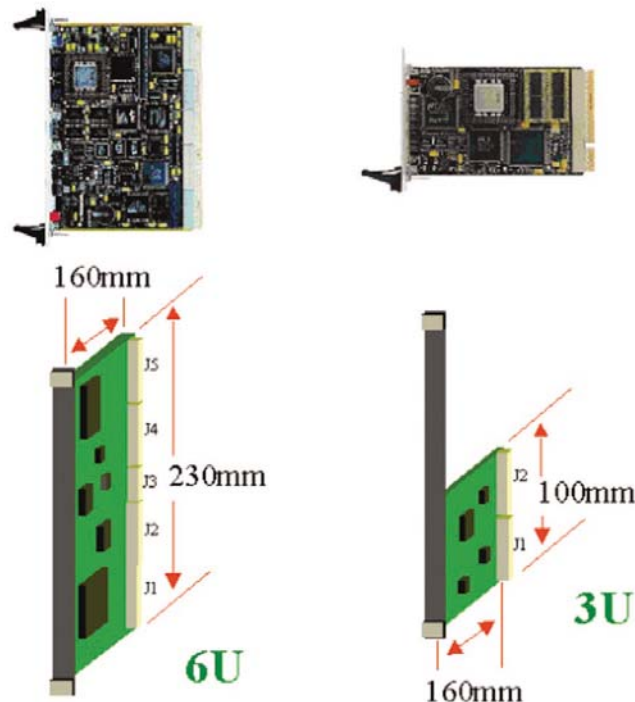
Ένα σύστημα PXI (PCI eXtention for Instrument, PXI) συνδυάζει το διάλυτο PCI (Peripheral Component Interconnect, PCI) με την αρχιτεκτονική σχεδίαση βιομηχανικών υπολογιστών (PCI based industrial computers) για συστήματα μετρήσεων και συλλογής δεδομένων σε βιομηχανικό επίπεδο. Τα συστήματα συλλογής δεδομένων PXI καθίστανται ιδανικά για βιομηχανικό περιβάλλον λόγω των υψηλής απόδοσης συνδέσμων IEC του συστήματος Eurocard των καρτών CompactPCI, και των ενσωματωμένων τεχνικών

ψύξης για την αδιάκοπη λειτουργία τους. Οι κάρτες συστημάτων PXI χρησιμοποιούν το ίδιο σύστημα συνδέσμου ακροδεκτών (pin-in-socket) που χρησιμοποιείται στο πρότυπο CompactPCI. Τα μηχανικά χαρακτηριστικά των συστημάτων PXI και CompactPCI τελούν υπό τις προδιαγραφές Eurocard (ANSI 310-C, IEC- 297, IEEE 1101.1, IEEE 1101.10, και P1101.11), όπως αυτών των συστημάτων VME και VXI. Τα παραπάνω πρότυπα μηχανικής δομής καθορίζουν τις προδιαγραφές των συστημάτων για αδιάκοπη λειτουργία σε βιομηχανικό περιβάλλον. Όλες οι μηχανικές προδιαγραφές που καθορίζονται στα συστήματα CompactPCI ισχύουν άμεσα και για τις μονάδες PXI. Εντούτοις, στα συστήματα PXI περιλαμβάνονται πρόσθετα μηχανικά χαρακτηριστικά προκειμένου να υποστηρίξουν την αδιάκοπη λειτουργία τους μέσα σε βιομηχανικό περιβάλλον, κάτω από συνθήκες αυξημένης θερμοκρασίας, υγρασίας, και δονήσεων. Επίσης, οι προδιαγραφές ενός συστήματος PXI προδιαγράφουν και τη δοκιμή ευαισθησίας των μονάδων τους στις ηλεκτρομαγνητικές εκπομπές (EMI) για την διασφάλιση της σωστής λειτουργίας αυτών. Στο Σχήμα 2.23 απεικονίζεται η μηχανική δομή ενός συστήματος PXI στο οποίο διακρίνουμε το σασί, μέσα στο οποίο τοποθετούνται οι κάρτες, και τον ελεγκτή του συστήματος. Τα συστήματα PXI Express αποτελούν την τελευταία γενιά της αρχιτεκτονικής PXI. Ένα σύστημα PXI Express συνδυάζει την αρχιτεκτονική PXI με τα χαρακτηριστικά διαύλου PCI Express. Το αποτέλεσμα του συνδυασμού επιτυγχάνει αύξηση του ρυθμού μεταφοράς δεδομένων από 132 MB/s σε 6 GB/s και την αύξηση του ρολογιού συγχρονισμού στα 100MHz.

Οι μονάδες PXI διακρίνονται ως προς το μέγεθος τους με τους κωδικούς: 3U και 6U. Το μέγεθος 3U είναι το δημοφιλέστερο στα συστήματα PXI. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε κάρτες με μεγέθη 3U σε συστήματα PXI μεγέθους 6U με χρήση κατάλληλου προσαρμογέα (adapter) (Σχ. 2.24).



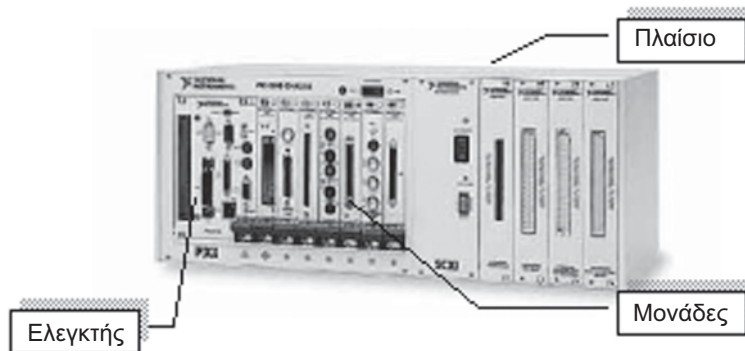
Σχήμα 2.23: Δομή συστήματος PXI.



Σχήμα 2.24: Διαστάσεις καρτών μεγέθους 3U και 6U.

Τα συστήματα PXI (Σχ. 2.25) αποτελούνται από τα παρακάτω τρία βασικά τμήματα:

1. Πλαίσιο (chassis)
2. Ελεγκτή (controller)
3. Μονάδες (Modules)

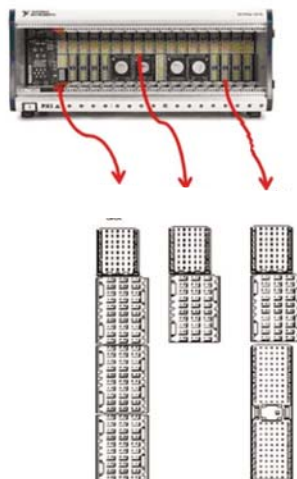


Σχήμα 2.25: Πλαίσιο PXI με ενσωματωμένο ελεγκτή και μονάδες.

Πλαίσιο PXI: Το πλαίσιο παρέχει την ακαμψία στη συσκευασία του συστήματος. Τα πλαίσια κυμαίνονται σε μέγεθος που εξαρτάται από τον αριθμό των αυλακώσεων του διαύλου (4 έως 18 αυλακώσεις) και είναι, επίσης, εξοπλισμένα με ειδικές ενσωματωμένες μονάδες όπως για παράδειγμα με μονάδα παροχής συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος και βελτίωσης σήματος. Το πλαίσιο περιέχει, επίσης, το υψηλής απόδοσης υπόστρωμα αρχιτεκτονικής PXI, το οποίο περιλαμβάνει το δίαυλο PCI ή PCI Express και το συγχρονισμό των τοπικών διαύλων επικοινωνίας όπως εξετάστηκαν στις προηγούμενες παραγράφους. Ένα σασί ή πλαίσιο PXI τελευταίας γενιάς διατίθεται με:

- PXI Express υποδοχείς χρονισμού (PXI Express System Timing Slots) οι οποίοι μπορούν να ενσωματώσουν κάρτες τεχνολογίας PXI Express και τις αρχικές κάρτες PXI Express χρονισμού (System Timing),
- περιφερειακούς υποδοχείς PXI (PXI peripheral slots) για ενσωμάτωση καρτών που δεν φέρουν πρωτόκολλο διαύλου Express,
- υποδοχείς PXI Express για υποδοχή καρτών που φέρουν πρωτόκολλο διαύλου Express, και
- υβριδικούς υποδοχείς PXIe (PXIe Hybrid slots) για τον συνδυασμό καρτών που φέρουν υποδοχές PXI Express cards, 32-bit CompactPCI, και υβριδικών PXI καρτών (PXI Express-ready ή PXIe-ready).

Όπως καθορίζεται από την προδιαγραφή του υλικού των συστημάτων PXI, όλα τα πλαίσια PXI παλαιότερης ή νεότερης γενιάς περιέχουν μια υποδοχή που βρίσκεται στην άκρα αριστερά περιοχή τους η οποία χρησιμοποιείται αποκλειστικά από τον ελεγκτή του συστήματος τους. Στο Σχήμα 2.26 απεικονί-

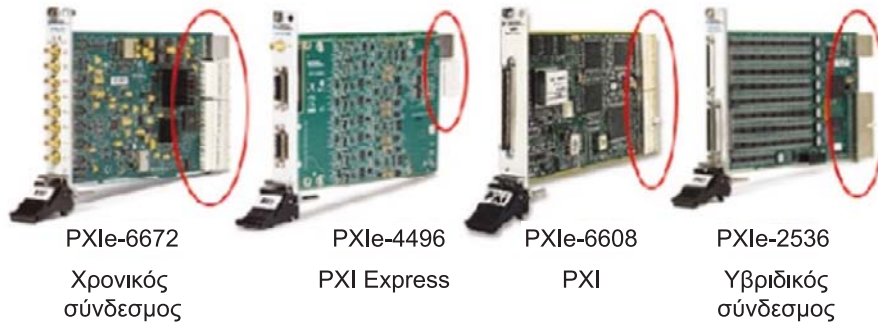


Σχήμα 2.26:

Υβριδικό σασί PXIe-1075 με διαφορετικούς υποδοχείς καρτών PXI.

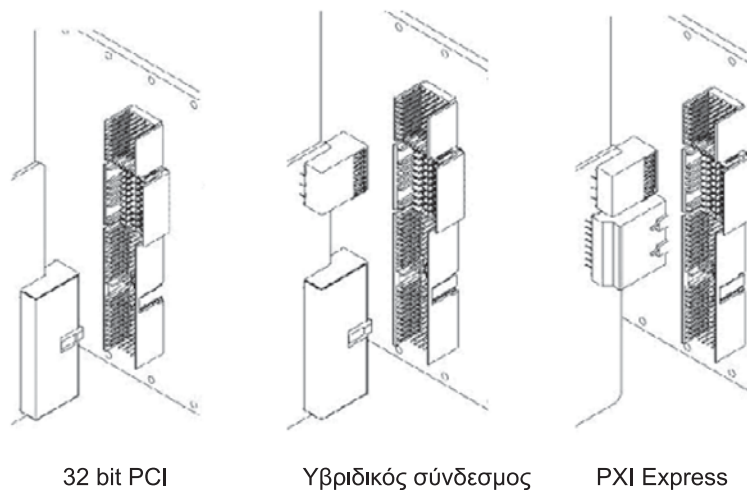
ζονται οι σύνδεσμοι που ενσωματώνει το υβριδικό σασί PXIe-1075 για διαφορετικούς τύπους πρωτοκόλλων.

Στο Σχήμα 2.27 απεικονίζονται τέσσερις (4) διαφορετικοί τύποι καρτών PXI που χρησιμοποιούνται σε υβριδικά σασί PXI. Στις εικόνες γίνεται εύκολα αντιληπτός ο διαχωρισμός των καρτών λόγω των διαφορετικών θέσεων των υποδοχών στο πίσω τμήμα τους.



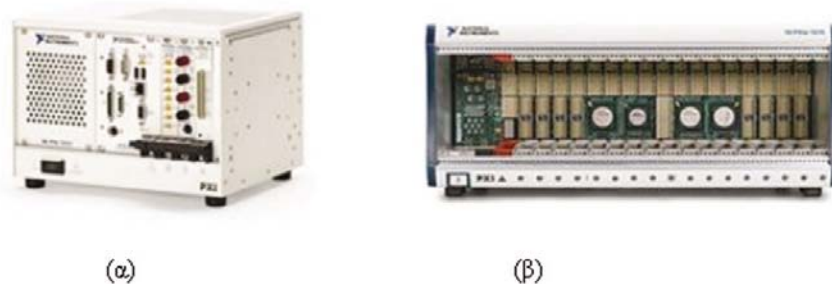
Σχήμα 2.27: Τύποι καρτών PXI για διαφορετικούς τύπους διαύλων.

Στο Σχήμα 2.28 απεικονίζεται ο υποδοχέας στη μητρική πλακέτα (backplane) ενός υβριδικού PXIe στο οποίο γίνεται εύκολα αντιληπτή η τοποθέτηση των διαφορετικών τύπων καρτών.



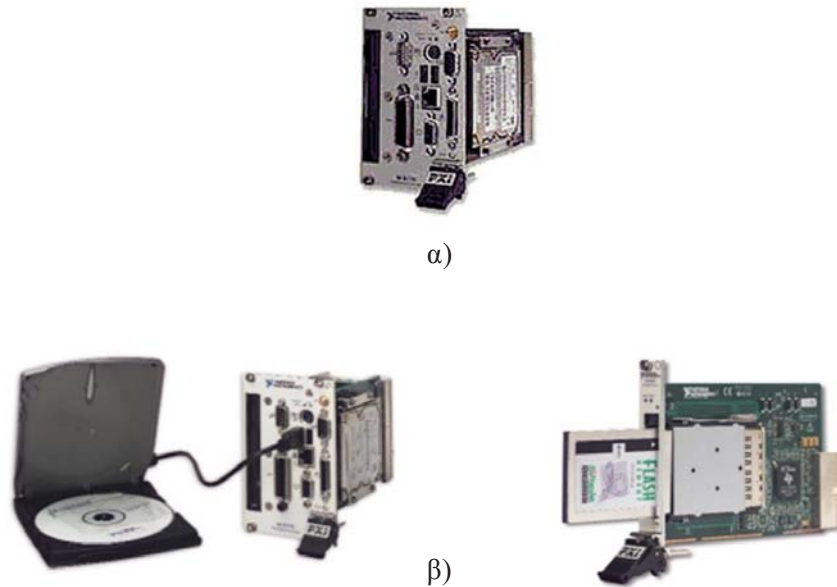
Σχήμα 2.28: Σύνδεση διαφορετικών τύπων καρτών σε μητρική κάρτα υβριδικού συστήματος PXI.

Στο Σχήμα 2.29 απεικονίζεται το πλαίσιο NI PXI-1031 που φέρει τροφοδοτικό αδιάκοπης λειτουργίας και το πλαίσιο NI PXIe-1075 για ενσωμάτωση διαφορετικών τύπων καρτών στη λειτουργία του.



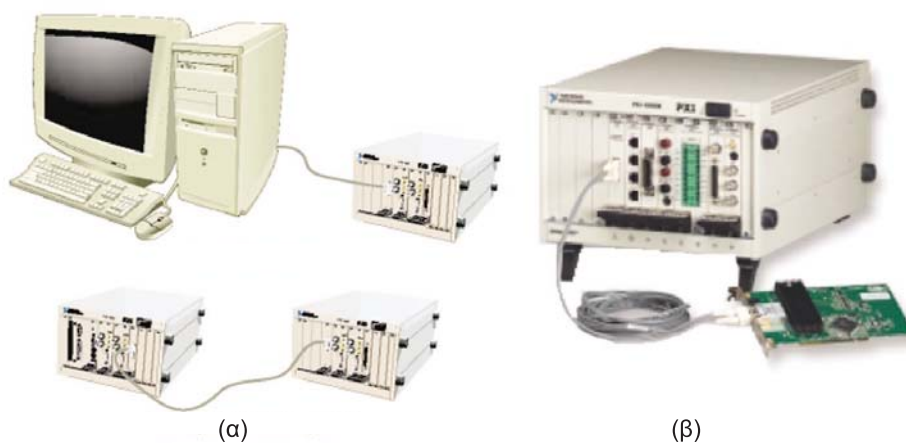
Σχήμα 2.29: Πλαίσιο α) NI PXI-1031 και β) NI PXIe-1075

Ελεγκτές: Οι ελεγκτές (controllers) εξαλείφουν την ανάγκη για έναν εξωτερικό υπολογιστή, και συνεπώς παρέχουν ένα πλήρες σύστημα που περιλαμβάνεται στο πλαίσιο του PXI. Οι ελεγκτές είναι ιδανικοί για φορητά συστήματα (Single Box) όπου το πλαίσιο μετακινείται από μια θέση σε κάποια άλλη. Οι ελεγκτές PXI κατασκευάζονται με τα τυποποιημένα τμήματα ενός υπολογιστή. Μπορούμε να εγκαταστήσουμε την επιλογή του λειτουργικού συστήματός μας (Windows2000/XP/ VISTA/win7/win8) στον ελεγκτή PXI, και να μεταφέρουμε το πρόγραμμα της εφαρμογής με χρήση εξωτερικών USB συσκευών (π.χ CD-ROM) ή Flash καρτών (Σχ. 2.30).



Σχήμα 2.30: α) Ελεκτης και β) Μέθοδοι και μονάδες μεταφοράς προγραμμάτων με χρήση USB CD-ROM και χρήση Flash κάρτας.

Με το πρωτόκολλο διασύνδεσης MXI-3 (Measurement eXtensions Instrument, MXI), τα συστήματα PXI ελέγχονται άμεσα από έναν υπολογιστή ή από ένα άλλο σύστημα PXI. Η διασύνδεση MXI-3 παρέχει μια γέφυρα μεταφοράς δεδομένων PCI- PCI με ταχύτητα 84 MByte/s από τον υπολογιστή προς τα πλαίσια PXI. Κατά τη διάρκεια της εκκίνησης, ο υπολογιστής θα αναγνωρίσει όλες τις απομακρυσμένες μονάδες στο σύστημα PXI ως συσκευές PCI. Ο τηλεχειρισμός (Σχ. 2.31α) με MXI-3 επιτρέπει τον έλεγχο του PXI από υπολογιστή, καθώς επίσης και τον έλεγχο σε συστήματα πολυπλαισίων PXI (PXI σε PXI). Η σύνδεση τους πραγματοποιείται είτε με τις χαμηλού κόστους ενσύρματες συνδέσεις, είτε με τη χρήση οπτικών ινών (fiber-optic) για ηλεκτρική απομόνωση (Σχ. 2.31).



Σχήμα 2.31: α) Τηλεχειρισμός MXI-3: α) με καλώδιο και β) με οπτική ίνα

Με την τεχνολογία MXI-Express μπορούμε να ελέγχουμε μονάδες PXI μέσω ενός υπολογιστή ή ενός laptop. Κάθε PXI σύστημα εμφανίζεται ως μία κάρτα PCI που έχει συνδεθεί στον κύριο υπολογιστή (Σχ. 2.32).



Σχήμα 2.32: Διασύνδεση δύο μονάδων PXI σε υπολογιστή μέσω πρωτοκόλλου MXI-Express.

Μονάδες: Η National Instruments προσφέρει πάνω από 100 διαφορετικές συσκευές συλλογής δεδομένων PXI οι οποίες κατηγοριοποιούνται σε μονάδες:

- συλλογή αναλογικών σημάτων εισόδου και εξόδου (Analog Input And Output),
- συλλογή ψηφιακών σημάτων εισόδου και εξόδου (Digital Input And Output),
- ψηφιακής επεξεργασίας σήματος (Digital Process Signal),
- επεξεργασίας εικόνας (Image Acquisition),
- ελέγχου κίνησης (Motion Control),
- χρονικών σημάτων εισόδου και εξόδου (Timing Input and output), και
- μονάδες προσαρμογής σήματος (Signal Condition).

Το σχήμα 2.33 απεικονίζει μια τυπική μονάδα συστήματος PXI στην οποία διακρίνουμε την ειδική λαβή σύνδεσης και αποσύνδεσης της κάρτας από το πλαίσιο του PXI.



Σχήμα 2.33: Τυπική μονάδα συστήματος PXI.

2.9 Συστήματα USB τύπου NI CompactDAQ

Οι δυνατότητες επέκτασης ενός συστήματος μέσω πρωτοκόλλου USB δημιούργησε την ανάγκη ύπαρξης μονάδων που θα μπορούν να συνδέονται σε ένα πλαίσιο – σασί που θα φέρει διασύνδεση USB με την υπολογιστική μονάδα ενός συστήματος μετρήσεων και ελέγχου. Η National Instruments έχει δημιουργήσει το πλαίσιο NI CompactDAQ. Ένα πλαίσιο μπορεί να διαθέτει 1, 4 ή 8 θέσεις για τη σύνδεση μονάδων NI – USB. Ειδικότερα το πλαίσιο των 8 θέσεων διαθέτει επιπλέον και δύο συνδέσμους BNC για τη σύνδεση σημάτων σκανδαλισμού με υποστήριξη διαύλου μέχρι 1 MHz (Σχ. 2.34).



Σχήμα 2.34: Πλαίσιο μονάδα NI compact DAQ α) 1, β) 4 και γ) 8 θέσεων.

Στο Σχήμα 2.35 απεικονίζεται μια σειρά μονάδων συλλογής δεδομένων. Στο διαδικτυακό τόπο της NI: <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/206532> Μπορείτε να δείτε όλες τις μονάδες που υπάρχουν για συστήματα μετρήσεων και ελέγχου με πρωτόκολλο USB.



Σχήμα 2.35: Τυπικές μονάδες συστήματος NI compact DAQ.

2.10 Συστήματα συλλογής δεδομένων διασύνδεσης Ethernet

Ένα σύστημα NI CompactDAQ Ethernet φέρει πλαίσιο το οποίο διασυνδέεται με το υπολογιστικό σύστημα μέσω πρωτοκόλλου Ethernet. Χρησιμοποιούμε την τεχνολογία Ethernet όταν απαιτείται να συνδέσουμε τη μονάδα συλλογής δεδομένων σε απόσταση μεγαλύτερη των 5 μέτρων για την οποία πλέον οι μονάδες πρωτοκόλλου USB δεν θα είναι ικανές για την σωστή μετάδοση των δεδομένων. Στο Σχήμα 2.36 απεικονίζεται η διασύνδεση πλαισίου Ethernet με μονάδα γέφυρας (client/bridge) ασύρματης μετάδοσης δεδομένων για απομακρυσμένο σταθμό βάσης μετρήσεων και ελέγχου.