

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**“ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ :
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΙΚΟΝΙΚΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ
LabVIEW 7.1”**

Σπουδάστρια: ΓΡΑΒΑΛΟΥ ΖΩΗ

Επιβλέπων καθηγητής: ΚΑΛΟΜΟΙΡΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2005

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΥΣ ΜΙΚΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ

1.1 Ηλεκτρικά και Ηλεκτρονικά Συστήματα Μετρήσεων

Στο παρελθόν χρησιμοποιήθηκαν μέθοδοι μετρήσεων που στηριζόταν στις αρχές της μηχανικής, της οπτικής ή της θερμοδυναμικής. Όμως σήμερα πλέον έχουν επικρατήσει τα ηλεκτρικά και μάλιστα τα ηλεκτρονικά συστήματα μετρήσεων που στηρίζονται στις αρχές του ηλεκτρομαγνητισμού και της ηλεκτρονικής φυσικής. Προφανώς τα ηλεκτρονικά συστήματα μετρήσεων παρουσιάζουν πλήθος από πλεονεκτήματα.

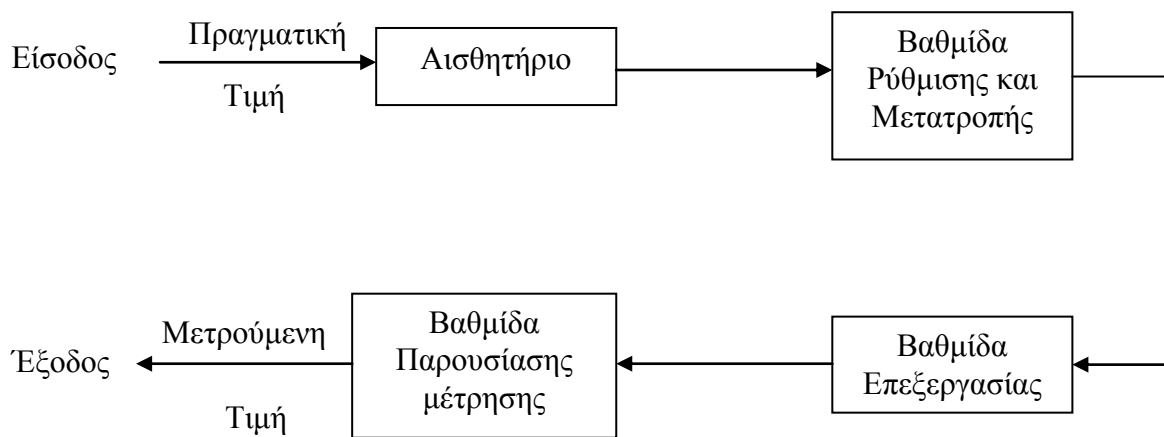
Μερικά από αυτά τα πλεονεκτήματα είναι η ευαισθησία του ηλεκτρικού σήματος στη διακύμανση του μετρούμενου μεγέθους, η πολύ μικρή κατανάλωση ισχύος των ενισχυτικών διατάξεων, καθώς και η χρήση διατάξεων με αντίσταση εξόδου μηδενικής σχεδόν τιμής. Το πιο βασικό όμως πλεονέκτημα μπορεί να θεωρηθεί η μεγάλη ταχύτητα των σύγχρονων ηλεκτρονικών συσκευών. Αυτή είναι απαραίτητη για μετρήσεις αυτοματισμού και κάνει τα ηλεκτρικά όργανα κατάλληλα για μετρήσεις τόσο της σταθερής κατάστασης λειτουργίας, όσο και των μεταβατικών φαινομένων. Ακόμη, οι ηλεκτρικές μέθοδοι παρέχουν στις περισσότερες βιομηχανικές εφαρμογές μέσα κατάλληλης μετάδοσης από απόσταση. Τέλος στην κυριαρχία των ηλεκτρονικών μεθόδων στο χώρο μέτρησης συμβάλλουν η μεγάλη αξιοπιστία και η μεγάλη ποικιλία μεθόδων προσέγγισης ενός προβλήματος μέτρησης, οι οποίες μέθοδοι μπορεί να είναι ‘άμεσες’ ή ‘έμμεσες’.

1.2 Αναλογικές και Ψηφιακές Διατάξεις Μετρήσεων

Σαν μέτρηση του φυσικού μεγέθους θεωρούμε τη σύγκριση του μεγέθους αυτού με ένα άλλο ομοειδές το οποίο λαμβάνουμε σαν μονάδα. Στόχος των μετρήσεων είναι η ακριβής γνώση των μεγεθών που σχετίζονται με ένα φυσικό μέγεθος και σε ορισμένες περιπτώσεις η εξέλιξη των φυσικών μεγεθών με το χρόνο. Αυτό επιτυγχάνεται με ειδικές μετρητικές διατάξεις, τα αισθητήρια, τα οποία συνδυασμένα με κατάλληλες βαθμίδες επεξεργασίας δεδομένων εκτελούν τις επιθυμητές μετρήσεις. Σκοπός ενός τέτοιου συστήματος μετρήσεων είναι να παρουσιάζει στον παρατηρητή την αριθμητική τιμή που ανταποκρίνεται στη μεταβλητή που μελετάται.

Οι περισσότερες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στις μετρήσεις ποικίλουν ως προς τη σύνθεση της διάταξης μέτρησης, η οποία εξαρτάται από το είδος της απαιτούμενης απεικόνισης και από την μορφή του μετρούμενου μεγέθους. Έτσι έχουμε δυο διατάξεις, τις διατάξεις αναλογικής μέτρησης και τις διατάξεις ψηφιακής μέτρησης.

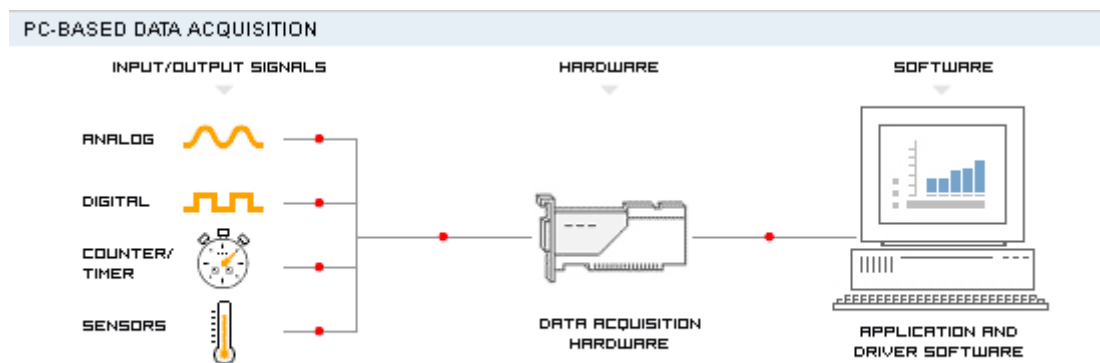
Στο σχήμα 1.1 βλέπουμε την δομή ενός τέτοιου συστήματος την οποία και θα αναλύσουμε.



Σχήμα 1.1 Δομή Τοπικού Συστήματος Μέτρησης

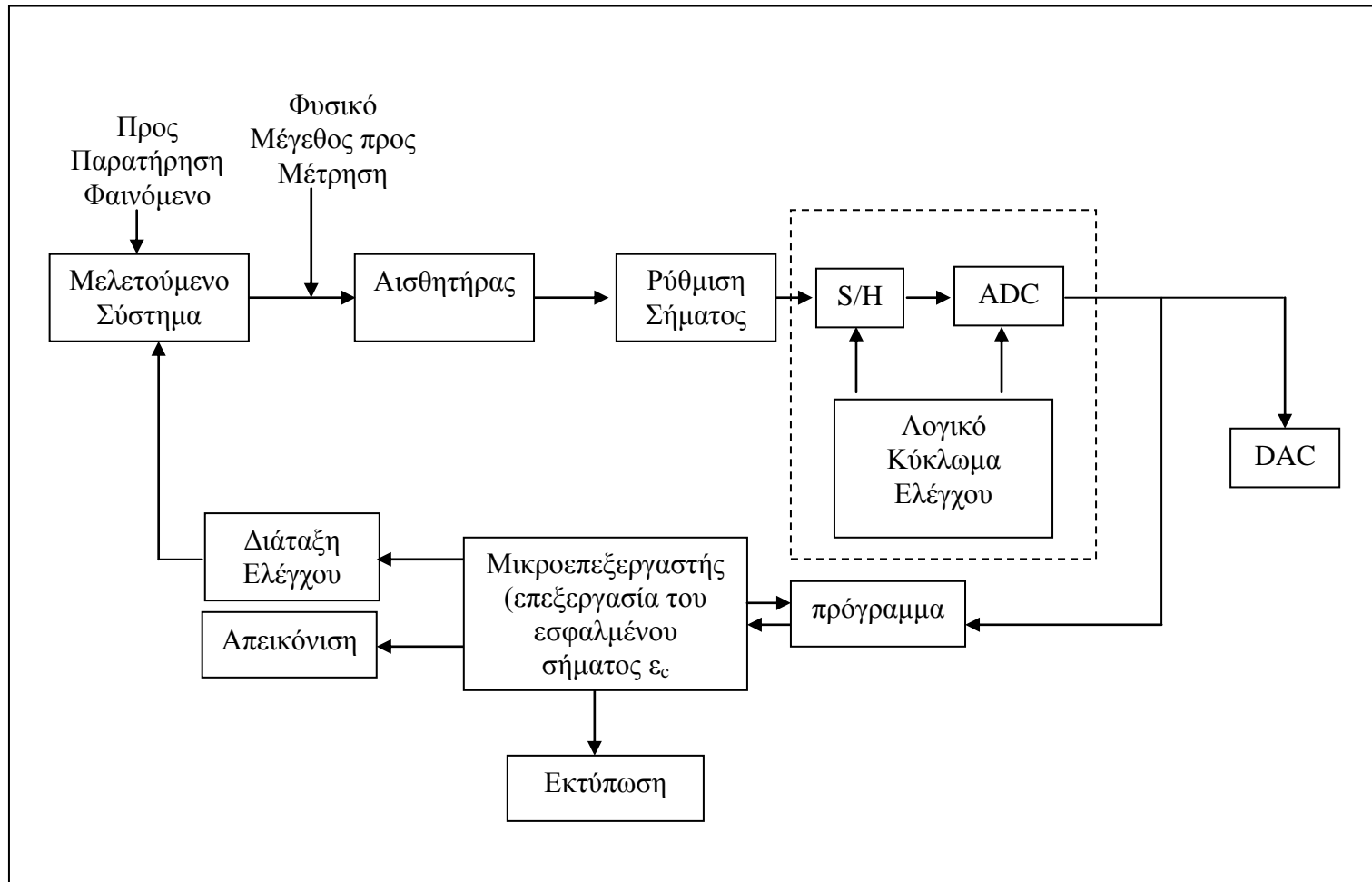
Στην πρώτη βαθμίδα συναντάμε το αισθητήριο, που είναι το βασικό στοιχείο σε μια μετρητική αλυσίδα και το οποίο μετατρέπει πραγματικές φυσικές παραμέτρους, όπως π.χ. πίεση, θερμοκρασία και ροή σε ισοδύναμα ηλεκτρικά σήματα. Στην συνέχεια έχουμε την βαθμίδα μετατροπής η οποία λαμβάνει την έξοδο του αισθητηρίου τη ενισχύει και την μετατρέπει σε μορφή κατάλληλη προς επεξεργασία μέσω του μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (ADC). Έπειτα η έξοδος της

βαθμίδα μετατροπής του σήματος σε ψηφιακή μορφή εισέρχεται στην βαθμίδα επεξεργασίας όπου το σήμα υφίσταται την απαραίτητη μαθηματική επεξεργασία. Αν χρειάζεται η βαθμίδα του μετατροπέα DAC επαναφέρει το σήμα σε αναλογική μορφή. Στο παρακάτω κεφαλαίο θα αναφερθούμε αναλυτικότερα στους μετατροπείς ADC και DAC. Η επόμενη και τελευταία βαθμίδα είναι η βαθμίδα παρουσίασης μέτρησης και διανομής δεδομένων η οποία απεικονίζει την μετρούμενη τιμή σε μορφή αναγνωρίσιμη από τον παρατηρητή. Στο σχήμα 1.2 μπορούμε να δούμε ένα σύστημα απόκτησης δεδομένων.



Σχήμα 1.2 Σύστημα Απόκτησης Δεδομένων

Στο παρακάτω σχήμα 1.3 βλέπουμε αναλυτικά την διάταξη της ψηφιακής μέτρησης. Ο ρυθμιστής σημάτων ενισχύει και φιλτράρει το σήμα. Στην συνέχεια το αναλογικό σήμα που εξέρχεται από τον ρυθμιστή εισέρχεται σε ένα κύκλωμα δειγματοληψίας και συγκράτησης, λαμβάνει την τιμή του σήματος και την διατηρεί σταθερή στην είσοδο του αναλογικού – ψηφιακού μετατροπέα (ADC) έως ότου γίνει η μετατροπή. Οι δυο αυτές διατάξεις οδηγούνται από έναν μικροεπεξεργαστή ο οποίος δίνει τις εντολές δειγματοληψίας. Η ψηφιακή έξοδος του ADC μπορεί είτε να απεικονιστεί σε ψηφιακή οθόνη ή RT είτε να τοποθετηθεί στη μνήμη ενός υπολογιστή για μεταγενέστερη ανάλυση του μετρούμενου μεγέθους, μπορεί επίσης να ανασυσταθεί με την αναλογική του μορφή από έναν μετατροπέα ψηφιακό – αναλογικό (DAC).

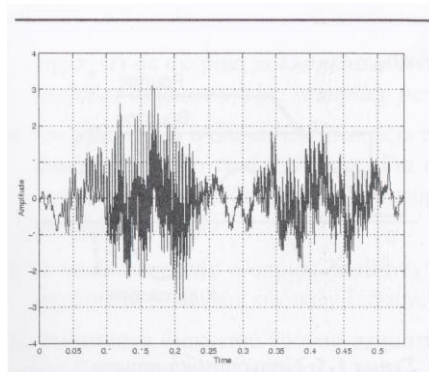


Σχήμα 1.3 Διάταξη Ψηφιακής Μέτρησης

1.3 Κατηγορίες Σημάτων

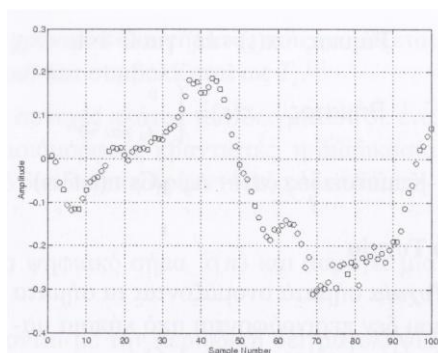
Το σήμα εξόδου από ένα σύστημα μετρήσεων αποτελεί μορφή τάσης που μεταβάλλεται με το χρόνο (μεταβαλλόμενη τάση) εξαρτάται από τις διάφορες συνιστώσες του συστήματος. Τα είδη σημάτων διακρίνονται στα εξής :

- **Αναλογικά** ονομάζονται τα σήματα που είναι συνεχή ως προς το χρόνο και ως προς το πλάτος τους.



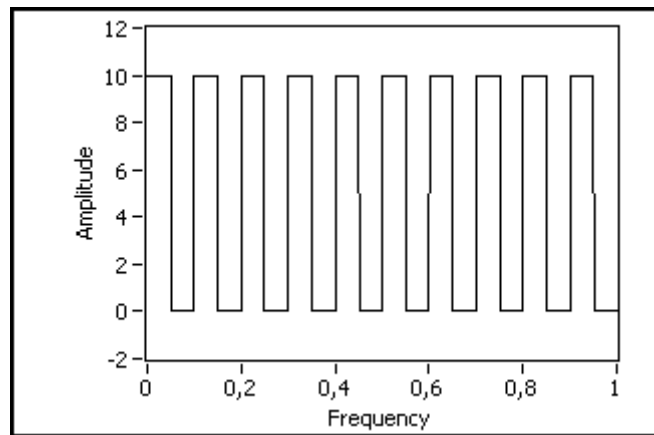
Σχήμα 1.3 Αναλογικό Σήμα

- **Διακριτά** ονομάζονται τα σήματα που είναι διακριτά στο χρόνο και στο πλάτος τους. Αυτά προκύπτουν με δειγματοληψία του αναλογικού σήματος.



Σχήμα 1.4 Διακριτό Σήμα

- **Ψηφιακά** ονομάζονται τα σήματα που είναι διακριτά στο χρόνο, σύμφωνα με τη δειγματοληψία και έχουν πλάτος που παίρνει τιμές σύμφωνα με διακριτές κβαντικές στάθμες.



Σχήμα 1.5 Ψηφιακό Σήμα

Η έξοδος των περισσότερων αισθητηρίων είναι συνήθως σε αναλογική μορφή. Επειδή όμως η επεξεργασία των αναλογικών σημάτων είναι αβέβαιη χρησιμοποιούμε ψηφιοποιημένες μορφές σημάτων. Έτσι λοιπόν το σήμα εισόδου σε ένα σύστημα μετρήσεων είναι αναλογικό και μέσω ενός ψηφιακού μετατροπέα το μετατρέπουμε σε ψηφιακό. Με αυτόν τον τρόπο προσπαθούμε να παραστήσουμε μια συνεχή αναλογική τάση με μια ομάδα διακριτών ψηφιακών αριθμών. Έπειτα οι ψηφιακές τιμές μετατρέπονται πάλι σε αναλογική μορφή. Δηλαδή η κυματομορφή αυτή είναι ένα συνεχές σήμα που αποτελείται από ένα αρκετά διακριτά βήματα.

1.4 Χαρακτηριστικά Συστημάτων Μετρήσεων και Σφάλματα

Στην συνέχεια θα παρουσιάσουμε τα βασικά χαρακτηριστικά ενός συστήματος μετρήσεων. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι τα εξής :

- **Ανάλυση ή διακριτική ικανότητα** η οποία είναι η ελάχιστη ποσότητα με την οποία μια παράμετρος μπορεί να μετρηθεί.
- **Περιοχή μέτρησης** που είναι η περιοχή μεταξύ της ελάχιστης και της μέγιστης τιμής που μπορεί να λάβει ένα μέγεθος.
- **Δυναμική περιοχή** που είναι ο λόγος της μέγιστης προς την ελάχιστη τιμή που μπορεί να διεγείρει το σύστημα και να υποστεί περαιτέρω επεξεργασία. Εκφράζεται και σε dB.

Μια μέτρηση μπορεί να χαρακτηρίζεται από σφάλματα, εξαιτίας διαφορών, ανάμεσα στην πραγματική και την μετρούμενη τιμή. Το σφάλμα της μέτρησης μπορεί να χαρακτηρίζεται ως απόλυτο ή σχετικό:

- **Απόλυτο σφάλμα** το οποίο είναι η διαφορά ανάμεσα στην μετρούμενη τιμή και στην πραγματική τιμή του μετρούμενου μεγέθους.
- **Σχετικό σφάλμα ή ακρίβεια** το οποίο είναι ο λόγος του απόλυτου σφάλματος προς την πραγματική τιμή εκφραζόμενος επί τις εκατό.
- **Συστηματικό Σφάλμα** το οποίο ορίζεται ως η σταθερή απόκριση που παρουσιάζει η μετρούμενη τιμή από την πραγματική τιμή της φυσικής μεταβλητής. Είναι σταθερό καθ' όλη την διάρκεια των μετρήσεων και δεν παρουσιάζει μεταβολές. Ένα συστηματικό σφάλμα μπορεί να οδηγήσει την μέτρηση μακριά από την εκτίμηση της πραγματικής τιμής.
- **Στατιστικό Σφάλμα** το οποίο μπορούμε να το ορίσουμε ως τις μεταβολές των μετρούμενων τιμών γύρω από μια μέση τιμή. Αυτό το σφάλμα είναι μεταβλητό και αλλάζει τιμές με κάθε δειγματική πληροφορία σήματος.
- **Συνολικό Σφάλμα** το οποίο είναι το άθροισμα του Συστηματικού Σφάλματος και του Στατιστικού Σφάλματος.

1.5 Αισθητήρες Μετρήσεων

Ο σημαντικότερος παράγοντας στον οποίο στηρίζεται ο σχεδιασμός μιας εφαρμογής μετρήσεων είναι το αισθητήριο αφού αυτό αποτελεί την πηγή των μετρήσεων. Στην αγορά διατίθενται συγκεκριμένοι τύποι αισθητηρίων, με συγκεκριμένα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη σημασία στην επιλογή των αισθητηρίων κατά τα στάδια του σχεδιασμού. Επομένως όλα τα συστήματα προσαρμόζονται πάνω στα χαρακτηριστικά του αισθητηρίου.

Τα αισθητήρια μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με την λειτουργία που επιτελούν, τη φυσική αρχή στην οποία στηρίζεται η λειτουργία τους ή τη μορφή ενέργειας που μεταφέρει το σήμα.

Ένα αισθητήριο μπορεί να θεωρηθεί ως ένα σύστημα με είσοδο $x(t)$ και έξοδο $y(t)$. Υπάρχουν δυο ειδών τέτοια συστήματα :

- α) το αυτοδιεγειρόμενο αισθητήριο και
- β) το διαμορφούμενο αισθητήριο.

Στο αυτοδιεγειρόμενο αισθητήριο η έξοδος είναι συνάρτηση αποκλειστικά της εισόδου. Στο διαμορφούμενο αισθητήριο υπάρχει και εξωτερικό σήμα $x_d(t)$.

Σε ιδανικό αισθητήριο το σήμα εξόδου πρέπει να είναι εντελώς ανάλογο με το σήμα εισόδου. Για ιδανικό αισθητήριο ισχύει :

$$y(t) = S * x(t)$$

όπου S αναφέρεται ως ευαισθησία. Ένα τέτοιο αισθητήριο ονομάζεται γραμμικό.

Παρακάτω ορίζουμε μερικές σημαντικές παραμέτρους ενός αισθητηρίου.

- **Απόκριση Δy** αισθητηρίου που είναι η μεταβολή του σήματος εξόδου.
- **Ευαισθησία S** που είναι ο λόγος της μεταβολής της απόλυτης τιμής εξόδου προς τη μεταβολή της απόλυτης τιμής εισόδου.
- **Χρόνος ανόδου ή καθόδου ή χρόνος απόκρισης** που είναι ο χρόνος που χρειάζεται το σήμα στην έξοδο του αισθητηρίου για να φθάσει το 90% της τελικής του τιμής.
- **Περιοχή μετρήσεων** που είναι η περιοχή όλων των δυνατών μετρήσεων που μπορεί να κάνει.

Όσο αφορά τα αισθητήρια θερμοκρασίας ισχύει ότι η μέτρηση της θερμοκρασίας στηρίζεται κυρίως στην αποκατάσταση της θερμικής ισορροπίας ανάμεσα στο θερμομετρούμενο σώμα και το αισθητήριο. Κάποια αισθητήρια θερμοκρασίας είναι τα εξής :

- α) Τα θερμοηλεκτρικά ζεύγη ή θερμοζεύγη, τα οποία είναι ένα είδος ανιχνευτών θερμοκρασίας, υψηλής ακρίβειας και χαμηλού κόστους. Αποτελούνται από δυο σύρματα διαφορετικών μετάλλων, τα οποία ενώνονται σε δυο σημεία.
- β) Οι θερμοηλεκτρικές αντιστάσεις (RTDs)
- γ) Τα θερμιστορ. Αυτά είναι αντιστάσεις των οποίων η τιμή μεταβάλλεται με την θερμοκρασία. Είναι κατασκευασμένα από οξειδία των μεταβατικών μετάλλων της σειράς του σιδήρου, όπως το χρώμιο, το μαγνήσιο, ο σίδηρος, το κολβάτιο και το νικέλιο.
- δ) Τα διμεταλλικά ελάσματα
- ε) Τα οπτικά πυρόμετρα.



Σχήμα 1.6 Βασικά Αισθητήρια Θερμοκρασίας

Επίσης έχουμε και τα αισθητήρια πίεσης, φωτεινής έντασης, δύναμης, μετατόπισης.

Τα κυριότερα είδη αισθητηρίων πίεσης είναι τα ακόλουθα :

- α) Μανόμετρα υγρού και αερίου
- β) Χωρητικοί αισθητήρες
- γ) Επαγωγικοί αισθητήρες
- δ) Πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες και αισθητήρες πιεζοαντίστασης
- ε) Μετρητές μηχανικής τάσης και κυψελίδες φορτίου

Ας τα δούμε λίγο αναλυτικότερα.

Οι χωρητικοί και επαγωγικοί αισθητήρες στηρίζονται στην ύπαρξη ενός ελαστικού διαφράγματος που χωρίζει έναν κλειστό χώρο σε δυο ημιχώρους. Εάν ο ένας ημιχώρος βρίσκεται στην πίεση που θέλουμε να μετρήσουμε και ο άλλος σε μια πίεση αναφοράς τότε το διάφραγμα μετατοπίζεται προς μια κατεύθυνση.

Οι αισθητήρες πιεζοαντίστασης στηρίζονται στη μεταβολή της τιμής της αντίστασης ενός μεταλλικού σύρματος όταν αυτό πιεστεί κατά μήκος της κύριας διάστασής του.

Οι κυψελίδες φορτίου είναι συσκευές που αποτελούνται από μετρητές μηχανικής τάσης και μετρούν δυνάμεις.

Ακόμα έχουμε και τους αισθητήρες Μετατόπισης και Δύναμης. Σ' αυτήν την κατηγορία ανήκουν:

- α) Επαγωγικοί Αισθητήρες Μετατόπισης, οι οποίοι στηρίζονται σε ένα μετασχηματιστή, του οποίου ο πυρήνας σιδήρου συνδέεται στο εξεταζόμενο αντικείμενο. Όταν μετατοπίζεται το αντικείμενο μετατοπίζεται και ο πυρήνας.
- β) Χωρητικοί Αισθητήρες Μετατόπισης, οι οποίοι αξιοποιούν τη γνωστή σχέση που συνδέει την χωρητικότητα ενός επίπεδου πυκνωτή με τα γεωμετρικά του χαρακτηριστικά :

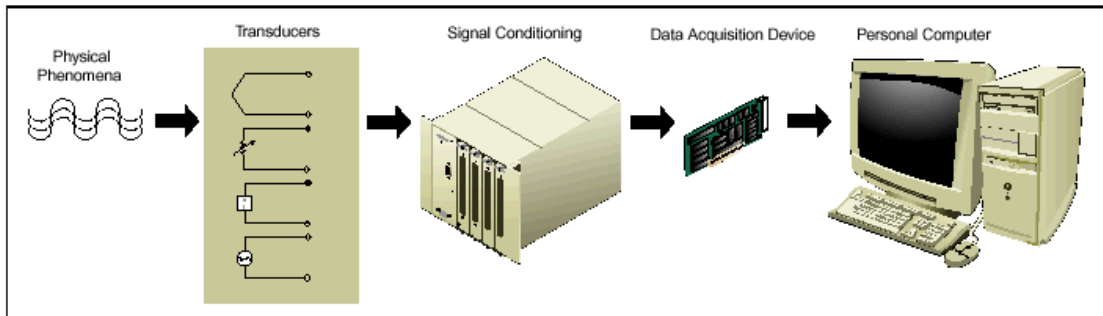
$$C = \epsilon\epsilon_0 \frac{S}{l}$$

1.6 Ρύθμιση του σήματος (Signal Conditioning)

Ανεξάρτητα από τους τύπους αισθητήρων ή μετατροπέων, ο κατάλληλος εξοπλισμός ρύθμισης του σήματος μπορεί να βελτιώσει την ποιότητα και την απόδοση του συστήματός. Οι λειτουργίες της ρύθμισης του σήματος είναι χρήσιμες για όλους τους τύπους σημάτων, συμπεριλαμβανομένης της ενίσχυσης, το φιλτράρισμα, της απομόνωσης, της εξασθένησης και της πολυπλεξίας.

- **Ενίσχυση :** Εξαιτίας του ότι τα σήματα είναι συχνά πολύ μικρά σε μέγεθος, η ρύθμιση του σήματος μπορεί να βελτιώσει την ακρίβεια των δεδομένων. Οι ενισχυτές ωθούν το επίπεδο του σήματος εισόδου στο καλύτερο αντίστοιχο φάσμα του μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακό(ADC) αυξάνοντας έτσι την ευκρίνεια και την ευαισθησία της μέτρησης. Ενώ πολλές συσκευές DAC περιέχουν τους ενισχυτές γι' αυτόν τον λόγο, πολλές συσκευές όπως τα θερμοηλεκτρικά ζεύγη, απαιτούν επιπλέον ενίσχυση.
- **Εξασθένηση :** Η εξασθένηση είναι το αντίθετο της ενίσχυσης. Αυτή η μορφή βελτίωσης του σήματος μικραίνει το εύρος του σήματος εισόδου έτσι ώστε το ρυθμισμένο σήμα να είναι μέσα στο φάσμα του ADC. Η εξασθένηση είναι απαραίτητη για τη μέτρηση των υψηλών τάσεων.
- **Φιλτράρισμα :** Οι ρυθμιστές σημάτων περιλαμβάνουν τα φίλτρα για να απορρίψουν τον ανεπιθύμητο θόρυβο μέσα σε ένα ορισμένο φάσμα συχνότητας. Σχεδόν όλες οι εφαρμογές DAQ υπόκεινται σε κάποιο επίπεδο θορύβου 50 ή 60 Hz που λαμβάνεται από τα ηλεκτροφόρα καλώδια ή τα μηχανήματα. Επομένως, οι περισσότεροι ρυθμιστές περιλαμβάνουν χαμηλοπερατά φίλτρα με σκοπό να παρέχουν τη μέγιστη απόρριψη θορύβου από 50 έως 60Hz.
- **Απομόνωση :** Ένα από τα πιο συνηθισμένα προβλήματα σε ένα σύστημα είναι ο θόρυβος και οι χαλασμένες συσκευές μέτρησης. Οι ρυθμιστές σημάτων με την απομόνωση μπορούν να αποτρέψουν τα περισσότερα από αυτά τα προβλήματα. Τέτοιες συσκευές περνούν το σήμα από την πηγή στην συσκευή μέτρησης χωρίς φυσική σύνδεση χρησιμοποιώντας μετασχηματιστή. Η απομόνωση εμποδίζει τα υψηλής τάσεως κύματα, απορρίπτει την υψηλή τάση και προστατεύει έτσι και τους χειριστές και τον ακριβό εξοπλισμό μέτρησης.

- **Πολυπλεξία :** Τυπικά ο digitizer είναι το πιο ακριβό μέρος ενός Συστήματος Απόκτησης Δεδομένων. Με την πολυπλεξία μπορούμε να καθοδηγήσουμε διαδοχικά διάφορα σήματα μέσα σε έναν digitizer. Η πολυπλεξία είναι απαραίτητη για κάθε εφαρμογή που έχει μεγάλο αριθμό καναλιών.



Σχήμα 1.7 Βιομηχανικό σύστημα μετρήσεων, όπου φαίνεται η βαθμίδα της ρύθμισης του σήματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΑΝΑΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

2.1 Εισαγωγή

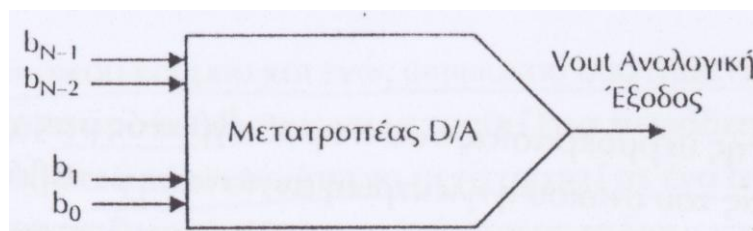
Με την ανάπτυξη των υπολογιστικών συστημάτων, δόθηκε η δυνατότητα της ψηφιακής επεξεργασίας δεδομένων τα οποία αναπαριστούν φυσικές ποσότητες όπως θερμοκρασία, πίεση, κλπ.. Συστήματα ελέγχου και συλλογής δεδομένων, τα οποία βασίζονται σε αναλογικά ηλεκτρονικά αντικαθίστανται σε μεγάλο βαθμό από ψηφιακά συστήματα.

Τα σήματα που λαμβάνουμε στην έξοδο των αισθητηρίων είναι αναλογικά και μπορούν να πάρουν οποιαδήποτε τιμή σε μια περιοχή τιμών. Στα ψηφιακά συστήματα τα σήματα τα οποία αναπαριστούν κάποια φυσική ποσότητα εκφράζονται με αριθμούς περιορισμένου μεγέθους και μπορούν να πάρουν μόνο διακριτές τιμές σε μια περιοχή τιμών.

Ο μετατροπέας αναλογικού σήματος σε ψηφιακό A/D και ο μετατροπέας ψηφιακού σήματος σε αναλογικό D/A αποτελούν τα ηλεκτρονικά κυκλώματα με τα οποία γίνεται η διασύνδεση του αναλογικού φυσικού κόσμου και ενός ψηφιακού συστήματος. Άρα η θέση τους σε ένα σύστημα μετρήσεων είναι μετά τον αισθητήρα και το κύκλωμα ρύθμισης του αναλογικού σήματος.

2.2 Μετατροπέας D/A

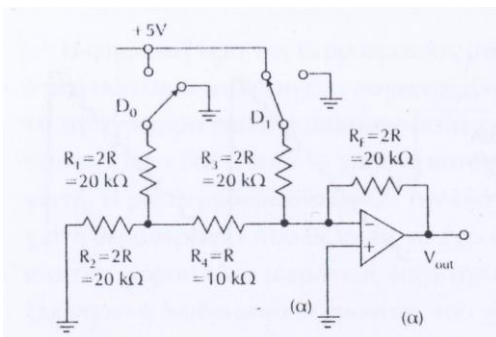
Ένα κύκλωμα που λαμβάνει μια ψηφιακή είσοδο και την μετατρέπει σε αναλογική τάση ή ρεύμα, ονομάζεται μετατροπέας ψηφιακού σήματος σε αναλογικό (D/A). Ένα τέτοιο σύστημα δέχεται στις ψηφιακές εισόδους του μια ψηφιακή λέξη και παράγει στην αναλογική του έξοδο μια ανάλογη προς τις εισόδους τάση ή ρεύμα.



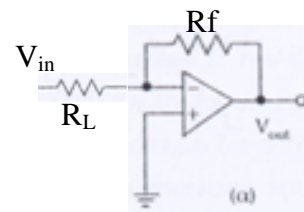
Σχήμα 2.1 Μετατροπέας D/A

Ένας απλός μετατροπέας ψηφιακού σήματος σε αναλογικό μπορεί να είναι ένας αθροιστής που υλοποιείται με τελεστικό ενισχυτή. Ένα άλλο κύκλωμα που μετατρέπει το ψηφιακό σήμα σε αναλογικό είναι το κύκλωμα κλίμακας $R - 2R$, το οποίο περιέχει δυο μόνο τιμές αντιστάσεων. Οι κάθετες αντιστάσεις έχουν διπλάσια τιμή από τις οριζόντιες. Από αυτήν την ιδιότητα προέρχεται και η ονομασία «κλίμακα $R - 2R$ ». Στο σχήμα 2.2 βλέπουμε ένα κύκλωμα κλίμακας $R-2R$. Αυτό το κύκλωμα έχει στην έξοδο ένα τελεστικό ενισχυτή. Καλό είναι σε αυτό το σημείο να πούμε λίγα λόγια για τους τελεστικούς ενισχυτές (TE).

Ένας TE έχει πολύ μεγάλο κέρδος, μικρή αντίσταση εξόδου και μεγάλη αντίσταση εισόδου και συμβολίζεται με ένα τρίγωνο. Έχει δυο εισόδους : την αναστρέφουσα είσοδο που συμβολίζεται με ένα πλην (-) και την είσοδο μη ανάστροφης φάσης που συμβολίζεται με ένα συν (+). Το σημαντικότερο στοιχείο που πρέπει να θυμάται κανείς από τους TE είναι ότι όταν ένα μέρος της τάσης εξόδου επιστρέφει στην είσοδο αναστροφής, τότε οι δυο εισοδοί θα βρίσκονται στο ίδιο δυναμικό. Η έξοδος του TE θα δώσει ή θα τραβήξει την απαραίτητη ποσότητα ρεύματος έτσι ώστε οι δυο τάσεις να διατηρηθούν ίσες. Στο σχήμα 2.3 φαίνεται το κύκλωμα του ενισχυτή αναστροφής.



Σχήμα 2.2 Κύκλωμα $R-2R$ με τελεστικό ενισχυτή στην έξοδό του



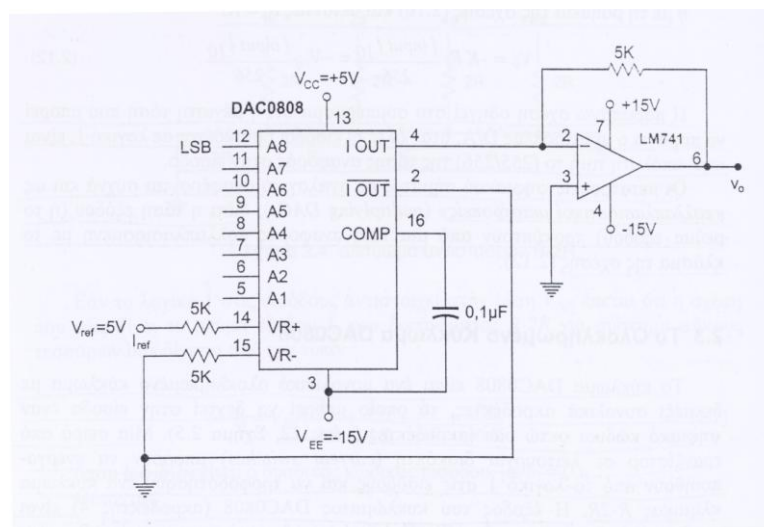
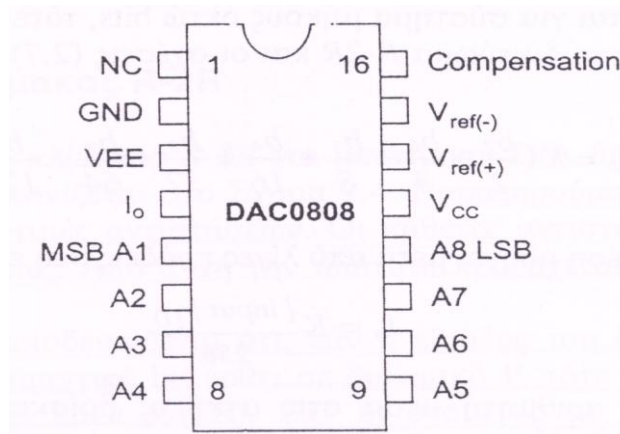
Σχήμα 2.3 Κύκλωμα ενισχυτή αναστροφής

2.2.1 Το ολοκληρωμένο κύκλωμα DAC0808

Το κύκλωμα DAC0808 είναι ένα μονολιθικό ολοκληρωμένο κύκλωμα με δεκαέξι συνολικά ακροδέκτες, το οποίο μπορεί να δεχτεί στην είσοδο ένα ψηφιακό κώδικα οχτώ bits στους ακροδέκτες 5 έως 12. Μια σειρά από τρανζίστορ σε λειτουργία διακόπτη μπορούν να ενεργοποιηθούν από το λογικό ένα στις εισόδους και να τροφοδοτήσουν ένα κύκλωμα κλίμακας $R - 2R$. Η έξοδος του κυκλώματος DAC0808

είναι σχεδιασμένη ώστε να παράγει ένα ρεύμα I_0 σε μια αντίσταση φορτίου R_L . Η υλοποίηση του μετατροπέα D/A απαιτεί τη σύνδεση ενός τελεστικού ενισχυτή αντιστροφής για την μετατροπή του ρεύματος σε τάση.

Τέλος ο χρόνος αποκατάστασης του ρεύματος εξόδου για μια αλλαγή του κώδικα εισόδου, στον μετατροπέα DAC0808, είναι κατά μέγιστο 150ns. Ο χρόνος αυτός είναι αρκετά μικρός ώστε ο μετατροπέας αυτός να είναι κατάλληλος για γρήγορες εφαρμογές.



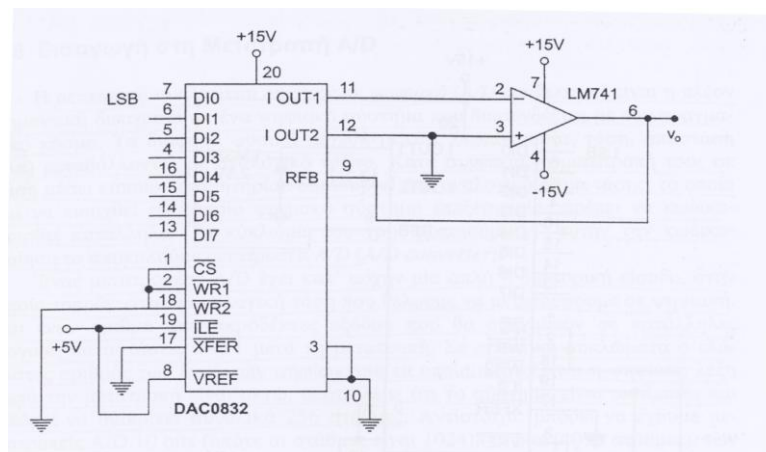
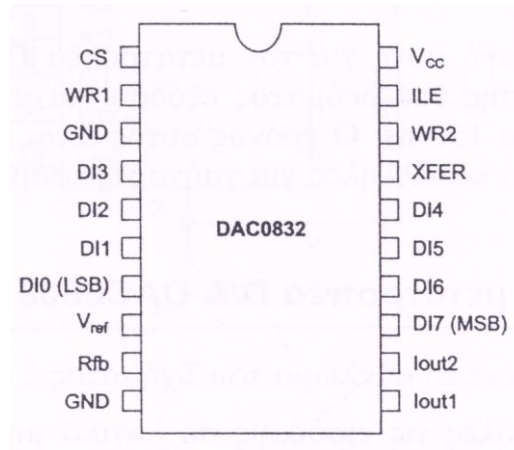
Σχήμα 2.4 Ολοκληρωμένο Κύκλωμα DAC0808 και Παράδειγμα Εφαρμογής

2.2.2 Το ολοκληρωμένο κύκλωμα DAC0832

Το ολοκληρωμένο κύκλωμα DAC0832 είναι και αυτό ένας μετατροπέας D/A μήκους 8 bits και διαθέτει 20 ακροδέκτες. Είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να ελέγχεται από κάποιον μικροεπεξεργαστή ή μικροελεγκτή. Για το σκοπό αυτό έχει επιπλέον βαθμίδες και έχει επιπλέον ακροδέκτες για τον έλεγχο της μετατροπής.

Ο μετατροπέας DAC0832 λειτουργεί ως εξής : Ένας καταχωρητής εισόδου δέχεται τα 8 bits της εισόδου και τα κλειδώνει στην έξοδο του όταν λάβει τα κατάλληλα σήματα ελέγχου. Κάποια άλλα σήματα ελέγχου αναλαμβάνουν να μεταφέρουν τα δεδομένα του καταχωρητή (DAC register) ο οποίος με την σειρά του τροφοδοτεί το δίκτυωμα κλίμακας $R - 2R$ και παράγει το ρεύμα εξόδου. Με αυτόν τον τρόπο θα μπορούμε να ελέγχουμε πλήρως τη διαδικασία της μετατροπής, ώστε να συγχρονίζονται μεταξύ τους τα διάφορα κυκλώματα της εφαρμογής μας.

Οι ακροδέκτες εισόδου είναι οι 7, 6, 5, 4, 16, 15, 14 και 13 με ελάχιστο σημαντικό το bit που αντιστοιχεί στον ακροδέκτη 7 και πλέον σημαντικό το bit που αντιστοιχεί στον ακροδέκτη 13. Η έξοδος λαμβάνεται από τον ακροδέκτη 11 ή τον 12.



Σχήμα 2.5 Ολοκληρωμένο Κύκλωμα DAC0832 και Παράδειγμα εφαρμογής

2.2.3 Χαρακτηριστικά μετατροπέων D/A

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά των μετατροπέων D/A είναι :

- **Διακριτή ικανότητα.** Είναι ο αριθμός των bits της λέξης εισόδου που χρησιμοποιεί ο μετατροπέας D/A για την παραγωγή του αναλογικού σήματος στην έξοδό του.
- **Ακρίβεια.** Με τον όρο αυτόν εννοούμε τη διαφορά της πραγματικής εξόδου από την ιδανική.
- **Χρόνος Αποκατάστασης.** Ορίζεται ως ο χρόνος από τη στιγμή που εφαρμόζεται στις εισόδους του μετατροπέα D/A μια ψηφιακή λέξη μέχρι την εμφάνιση της αντίστοιχης αναλογικής εξόδου του. Ο χρόνος αποκατάστασης αποτελεί ένα μέτρο της ταχύτητας ενός μετατροπέα D/A. Ο χρόνος αποκατάστασης των D/A σε ολοκληρωμένα κυκλώματα κυμαίνεται από μsec έως nsec.

2.3 Μετατροπέας A/D

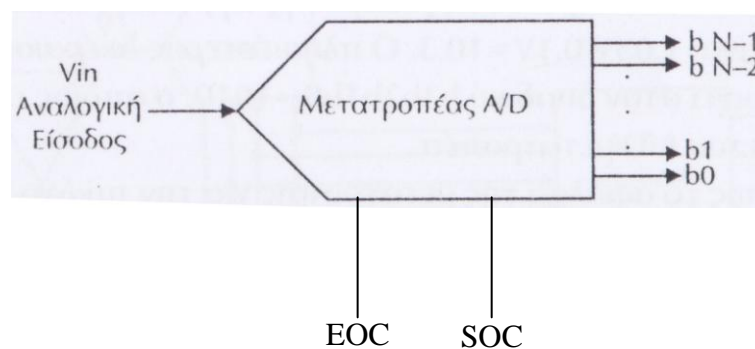
Τα φυσικά μεγέθη όπως πίεση, θερμοκρασία τάση κ.α. μεταβάλλονται με αναλογικό τρόπο. Η μετατροπή τους σε τάση μέσω κάποιου αισθητήρα δημιουργεί ένα αναλογικό σήμα τάσης, το οποίο πρέπει να κωδικοποιηθεί κατάλληλα για να εισαχθεί σε κάποιο ψηφιακό σύστημα επεξεργασίας. Το κύκλωμα που χρησιμοποιούμε για την κωδικοποίηση το αποκαλούμε μετατροπέα A/D.

Ένας μετατροπέας A/D έχει κατ' αρχήν μια απλή ή διαφορική είσοδο στην οποία τοποθετείται η αναλογική τάση που θέλουμε να μετατρέψουμε σε ψηφιακή και έναν αριθμό από ακροδέκτες εξόδου που θα οδηγηθούν σε κατάλληλες λογικές καταστάσεις 1 ή 0 μετά την μετατροπή. Σε πρακτικά κυκλώματα ο ελάχιστος αριθμός των δυαδικών ψηφίων από τα οποία αποτελείται η ψηφιακή λέξη μετά την μετατροπή είναι οχτώ, δηλαδή το σύστημα είναι οκτάμπιτο και μπορεί να διακρίνει συνολικά 256 στάθμες.

Ένας απλός και γρήγορος μετατροπέας A/D είναι ο λεγόμενος μετατροπέας A/D αστραπή ή αλλιώς ταυτόχρονος μετατροπέας. Ο μετατροπέας αυτός διαθέτει έναν αριθμό από συγκριτές. Υπάρχουν όμως και τεχνικές που χρησιμοποιούν μόνο ένα συγκριτή αντί για πολλά κυκλώματα συγκριτών και αντί για πολλές τάσεις αναφοράς δημιουργούμε μια μεταβλητή τάση αναφοράς που καλύπτει όλη την δυναμική περιοχή μας.

Η πιο πρόσφορη και ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος για την παραγωγή μιας μεταβλητής τάσης αναφοράς για σύγκριση με την αναλογική τάση εισόδου είναι η χρήση ενός μετρητή σε συνδυασμό με έναν μετατροπέα D/A. Ο μετρητής απαριθμεί καταστάσεις, τις οποίες δέχεται στην είσοδό του ένα δικτύωμα κλίμακας. Στην συνέχεια το δικτύωμα κλίμακας παράγει στην έξοδό του μια κλιμακωτή τάση από 0 έως V Volts, όπου V είναι η μέγιστη τάση που παράγει στην έξοδό ο μετατροπέας D/A, η οποία εξαρτάται από την τάση αναφοράς. Το βήμα της κλίμακας εξαρτάται από τα bits του μετρητή και έτσι σε ένα οκτάμπιτο σύστημα το βήμα ισούται με $V/256$.

Αν και η τεχνική αυτή είναι λογικά απλή και υλοποιείται εύκολα, χαρακτηρίζεται από σχετικά μεγάλο χρόνο μετατροπής. Ο χρόνος αυτός εξαρτάται από το πόσο γρήγορα ή αργά προσεγγίζεται η κατάλληλη τάσης αναφοράς.



Σχήμα 2.6 Μετατροπέας A/D

2.3.1 Μετατροπέας A/D διαδοχικών προσεγγίσεων

Το πρόβλημα αυτό υλοποιείται με τον καταχωρητή διαδοχικών προσεγγίσεων, ο οποίος αποτελεί την καρδιά του κυκλώματος (Successive Approximation Register – SAR) ο οποίος λειτουργεί ως εξής: Στην αρχή του κύκλου μετατροπής, με τον πρώτο παλμό του ρολογιού λειτουργίας, ο SAR θέτει το περισσότερο σημαντικό bit σε λογική τιμή “1” και ενημερώνει τον μετατροπέα D/A με το περιεχόμενό του. Στη συνέχεια ο SAR περιμένει σήμα από τον συγκριτή, ο οποίος συγκρίνει την έξοδο του μετατροπέα D/A V_a' με το σήμα εισόδου V_a .

Ο συγκριτής είναι ένας ΤΕ χωρίς ανάδραση, ο οποίος παίρνει τη λογική τιμή “1”, αν $V_a \geq V_a'$, διαφορετικά παίρνει τη λογική τιμή “0”. Αν η έξοδος του συγκριτή είναι “1”, τότε αυτό σημαίνει ότι η έξοδος του D/A μετατροπέα είναι μικρότερη από την τάση εισόδου και ο SAR κρατάει το περισσότερο σημαντικό bit σε λογική κατάσταση “1”. Αν η έξοδος του συγκριτή είναι “0”, τότε αυτό σημαίνει ότι η έξοδος του D/A μετατροπέα είναι μεγαλύτερη από την τάση εισόδου και ο SAR μηδενίζει το πιο σημαντικό bit. Με τον επόμενο παλμό του ρολογιού λειτουργίας, ο SAR θα εξετάσει το επόμενο πιο σημαντικό bit. Θα το κρατήσει σε λογική κατάσταση “1” ή θα το μηδενίσει ανάλογα με την έξοδο του συγκριτή. Έτσι ο SAR θα εξετάσει το ένα μετά το άλλο όλα τα bits προχωρώντας προς το LSB. Για την εξέταση του κάθε bit χρειάζεται και ένας παλμός του ρολογιού λειτουργίας. Όταν έχουν εξεταστεί όλα τα bits τότε η έξοδος EOC (End of Conversion) δηλώνει το τέλος της μετατροπής. Το σήμα EOC δηλώνει ότι στις παράλληλες γραμμές εξόδου υπάρχει μια έγκυρη δυαδική λέξη που αντιπροσωπεύει το μέγεθος του αναλογικού σήματος εισόδου. Αν η έξοδος EOC συνδεθεί με την είσοδο ελέγχου SOC (Start of Conversion) έναρξη της δειγματοληψίας, τότε ο μετατροπέας θα δουλεύει συνεχώς. Διαφορετικά στην είσοδο SOC συνδέουμε το κύκλωμα παραγωγής της συχνότητας δειγματοληψίας με την οποία θέλουμε να δειγματοληψήσουμε το αναλογικό σήμα.

2.3.2 Κβάντιση και δειγματοληψία σήματος

Ένα αναλογικό σήμα μπορεί να πάρει άπειρες τιμές πλάτους σε μια περιοχή τιμών. Αν στην κάθε τιμή αντιστοιχίσουμε ένα δυαδικό αριθμό με συγκεκριμένο μήκος, τότε το σήμα έχει μετατραπεί σε ψηφιακό. Η ψηφιακή του αναπαράσταση θα γίνεται με αριθμούς συγκεκριμένου μήκους και επομένως το πλήθος των διαφορετικών τιμών θα είναι συγκεκριμένο και όχι άπειρο. Οι άπειρες τιμές που μπορεί να πάρει ένα αναλογικό σήμα περιορίζονται με τον καθορισμό περιοχών συγκεκριμένου πλάτους. Για κάθε τέτοια περιοχή αντιστοιχεί μια μόνο ψηφιακή τιμή. Το πλάτος κάθε περιοχής είναι το βήμα της κβάντισης. Η διαδικασία αντιστοίχισης του αναλογικού σήματος σε ψηφιακό ονομάζεται κβάντιση του σήματος και το κύκλωμα με το οποίο πραγματοποιείται είναι ο μετατροπέας A/D.

Ένα αναλογικό σήμα εκτός από άπειρες τιμές πλάτους, παίρνει και άπειρες τιμές σε συνάρτηση με το χρόνο. Η ψηφιακή αναπαράσταση ενός αναλογικού σήματος θα γίνεται με δείγματα σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές συγκεκριμένου μήκους και η

διαδικασία αυτή με την οποία το αναλογικό σήμα αναπαρίσταται με δείγματα σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα ονομάζεται δειγματοληψία του σήματος. Το ηλεκτρονικό κύκλωμα με το οποίο γίνεται η δειγματοληψία είναι το κύκλωμα δειγματοληψίας και συγκράτησης S/H. Συνήθως τα δείγματα ισαπέχουν, οπότε έχουμε ένα σταθερό αριθμό δειγμάτων στη μονάδα του χρόνου, ο οποίος ονομάζεται ρυθμός δειγματοληψίας και μετριέται σε δείγματα ανά δευτερόλεπτο.

Όπως έχουμε αναφέρει πιο πάνω στόχος της δειγματοληψίας είναι να γίνεται εφικτή η ψηφιοποίηση του αναλογικού σήματος. Βέβαια υπάρχουν άπειροι συνδυασμοί με τους οποίους μπορούμε να πραγματοποιήσουμε τη δειγματοληψία, εφόσον εμπεριέχει όλες τις πληροφορίες που μεταδίδει το αναλογικό σήμα προς επεξεργασία.

Για να πραγματοποιήσουμε σωστή δειγματοληψία χρησιμοποιούμε το θεώρημα Nyquist κατά το οποίο ο ρυθμός δειγματοληψίας $f_s = 1/\delta t$ πρέπει να είναι μεγαλύτερος ή ίσος από το διπλάσιο της μέγιστης συχνότητας του αναλογικού σήματος. $f_s \geq 2f_m$, όπου f_m είναι η μέγιστη συχνότητα του αναλογικού σήματος και η περίοδος του $\delta t \leq \frac{1}{2f_m}$.

Στην περίπτωση όμως που δεν ικανοποιείται το κριτήριο Nyquist και το αναλογικό σήμα λαμβάνεται με έναν ρυθμό μικρότερο του $2f_m$, η μέγιστη συχνότητα του αναλογικού σήματος θα περιληφθεί ως σφάλμα σε κάποια χαμηλότερη συχνότητα του ψηφιακού σήματος. Αυτό το σφάλμα ονομάζεται σφάλμα αναδίπλωσης.

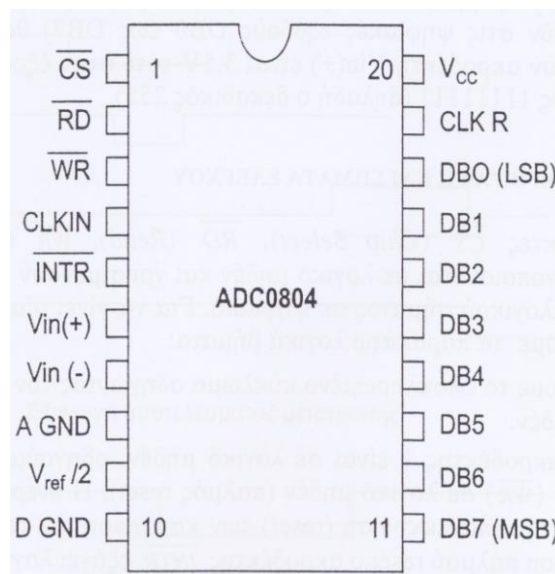
Το συνολικό αποτέλεσμα των διαδοχικών διαδικασιών της δειγματοληψίας και της κβάντισης είναι η μετατροπή του αναλογικού σήματος το οποίο είναι συνεχές στο χρόνο και το πλάτος σε ένα σήμα το οποίο είναι διακριτό στο πλάτος και στο χρόνο.

2.3.3 Το Ολοκληρωμένο Κύκλωμα ADC0804

Το ολοκληρωμένο κύκλωμα ADC0804 είναι ένας μετατροπέας αναλογικού σήματος σε ψηφιακό, μήκους οκτώ bits, που στηρίζεται στην τεχνική της προσέγγισης. Η λειτουργία του μπορεί να ελέγχεται από μικροεπεξεργαστές ή μικροελεγκτές αλλά μπορεί να λειτουργήσει και αυτόνομα.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το διάγραμμα των ακροδεκτών του ολοκληρωμένου κυκλώματος. Στους ακροδέκτες $V_{in}(+)$ και $V_{out}(-)$ δέχεται μια διαφορά δυναμικού και παράγει μια ψηφιακή έξοδο στους ακροδέκτες 11 έως 18. Ο χρονισμός επιτυγχάνεται με ένα δικτύωμα RC που τοποθετείται στους ακροδέκτες 4 και 19. Οι ακροδέκτες 1,2,3,5 προορίζονται για τον έλεγχο του μετατροπέα από εξωτερικές συσκευές. Η τάση τροφοδοσίας που δέχεται το κύκλωμα είναι $V_{CC} = 5V$ στον ακροδέκτη 20. Ο τυπικός χρόνος μετατροπής είναι 100μs.

Εκτός από το ολοκληρωμένο κύκλωμα ADC0804 σε μια εκπαιδευτική εφαρμογή μπορούμε να έχουμε τα ολοκληρωμένα κυκλώματα ADC0831 και ADC0832, οι οποίοι είναι δυο σειριακοί μετατροπείς A/D. Έχουν μήκος 8 bits και εξάγουν τα bits του ψηφιακού κώδικα σειριακά από κάποιον ακροδέκτη τους. Η διαφορά ανάμεσα στα δυο κυκλώματα είναι ότι το πρώτο έχει μόνο 1 κανάλι, ενώ το δεύτερο μπορεί να διαβάσει δυο αναλογικά κανάλια χρησιμοποιώντας πολυπλεξία.



Σχήμα 2.7 Ολοκληρωμένο Κύκλωμα ADC0804

2.3.4 Χαρακτηριστικά μετατροπέων A/D

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά των μετατροπέων A/D είναι :

- **Διακριτική ικανότητα.** Είναι ο αριθμός των bits που χρησιμοποιεί ο μετατροπέας A/D για να αναπαραστήσει ένα αναλογικό σήμα.
- **Ακρίβεια.** Με τον όρο αυτό εννοούμε τη διαφορά της πραγματικής εξόδου από την ιδανική.
- **Χρόνος μετατροπής.** Ορίζεται ως ο χρόνος που απαιτείται για την ψηφιοποίηση της αναλογικής τάσης που εφαρμόζεται στην είσοδο του μετατροπέα A/D. Ο χρόνος μετατροπής είναι συνήθως ανάλογος του αριθμού των bits ενός μετατροπέα. Ο χρόνος μετατροπής αποτελεί ένα μέτρο της ταχύτητας ενός μετατροπέα A/D. Ο χρόνος μεταξύ των διαδοχικών δειγμάτων της εισόδου του θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος από το χρόνο μετατροπής. Ο χρόνος μετατροπής των μετατροπέων A/D σε ολοκληρωμένα κυκλώματα κυμαίνεται από msec έως nsec.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ – ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ

3.1 Εισαγωγή

Τα κυκλώματα εισόδου/εξόδου των υπολογιστικών συστημάτων μας εξασφαλίζουν την δυνατότητα επικοινωνίας με άλλους υπολογιστές και περιφερειακές συσκευές. Ο έλεγχος εξωτερικών πειραματικών διατάξεων και συσκευών, καθώς και η εισαγωγή δεδομένων από το περιβάλλον προς το υπολογιστικό κύκλωμα επιτυγχάνεται με την χρήση κατάλληλων τεχνικών και θυρών επικοινωνίας.

Μια τέτοια τεχνική που χρησιμοποιούμε για την μετάδοση δεδομένων είναι η παράλληλη επικοινωνία. Στην παράλληλη επικοινωνία όλα τα bits μιας λέξης δεδομένων μεταδίδονται ταυτόχρονα προς τον αποδέκτη, το οποίο επιτυγχάνεται με την χρήση πολλαπλών καλωδίων μετάδοσης. Το πλεονέκτημα της παράλληλης μετάδοσης είναι η ταχύτητα μετάδοσης αφού όλα τα bits της ψηφιολέξης μεταφέρονται ταυτόχρονα από τον πομπό στον δέκτη. Από την άλλη το μειονέκτημά της είναι το κόστος και η δυσκολία εγκατάστασης των καλωδίων, λόγω του σημαντικού αριθμού τους σε κάθε επικοινωνιακή ζεύξη. Εκτός από τα κανάλια που μεταφέρουν τα bit των δεδομένων, συνήθως υπάρχουν και πρόσθετα κανάλια για μεταφορά σημάτων ελέγχου που είναι απαραίτητα για μια επιτυχή μετάδοση.

Για τους παραπάνω λόγους η παράλληλη μετάδοση χρησιμοποιείται για διασύνδεση συσκευών σε μικρές αποστάσεις όταν υπάρχει ανάγκη για υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης της πληροφορίας. Τα πιο γνωστά πρωτόκολλα παράλληλης επικοινωνίας είναι το πρωτόκολλο CENTRONICS, για την τυπική παράλληλη θύρα ενός υπολογιστή και το πρωτόκολλο IEEE 488 ή GPIB, το οποίο χρησιμοποιείται σε πολλά επιστημονικά όργανα για την δημιουργία αυτοματοποιημένων συστημάτων μετρήσεων.

Σε αντίθεση με την παράλληλη μετάδοση, στην σειριακή επικοινωνία τα bits της ψηφιολέξης αποστέλλονται το ένα κατόπιν του άλλου μέσα από έναν αγωγό μεταφοράς δεδομένων. Για να αποσταλούν τα δεδομένα με σειριακό τρόπο πρέπει

πρώτα να μετατραπούν από την παράλληλη μορφή σε σειριακή. Αυτό επιτυγχάνεται με το κύκλωμα UART (Universal Aynchronous Receiver/Transmitter). Η λειτουργία του κυκλώματος αυτού στηρίζεται στην λειτουργία του καταχωρητή ολίσθησης, ο οποίος αφού λάβει κάποια δεδομένα και τα καταχωρήσει στα flip-flops, ολισθαίνει τα bits της ψηφιολέξης ένα-ένα προς τα δεξιά ή προς τα αριστερά. Στη σειριακή μετάδοση τις περισσότερες φορές εκπέμπεται πρώτο το λιγότερο σημαντικό bit (LSB) του χαρακτήρα ενώ υπάρχουν και περιπτώσεις που μεταδίδεται πρώτο το πλέον σημαντικό bit (MSB).

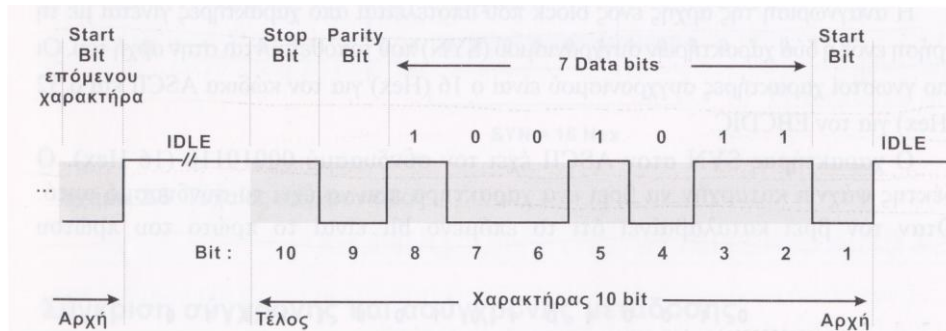
Το κυριότερο πλεονέκτημα της σειριακής επικοινωνίας είναι ο μικρότερος αριθμός καλωδίων διασύνδεσης. Αυτό κάνει την εγκατάσταση φθηνότερη όταν οι αποστάσεις είναι μεγάλες. Επιπλέον τα πρωτόκολλα επικοινωνίας της σειριακής μετάδοσης επιτρέπουν μεγάλες στάθμες σημάτων οπότε οι απώλειες του σήματος δημιουργούν μικρότερο πρόβλημα και η μετάδοση σε μεγάλη απόσταση είναι εφικτή. Εξάλλου με την σειριακή επικοινωνία είναι πολύ ευκολότερη η ασύρματη μετάδοση ειδικά μέσω διατάξεων υπέρυθρης ακτινοβολίας που είναι πολύ διαδεδομένες. Τέλος η σειριακή επικοινωνία είναι πιο κατάλληλη για χρήση με μικροελεγκτές.

3.2 Ασύγχρονη Σειριακή Επικοινωνία

Η ασύγχρονη σειριακή επικοινωνία εξυπηρετεί την μετάδοση χαρακτήρων που εκπέμπονται από κάποιο πομπό χωρίς κανένα συγχρονισμό.

Κατά την ασύγχρονη σειριακή μετάδοση κάθε τέτοιος χαρακτήρας μετατρέπεται σε ψηφιολέξη μέσω του κώδικα ASCII και στην συνέχεια εμφανίζεται στην γραμμή μετάδοσης. Τα bit της ασύγχρονης σειριακής επικοινωνίας οργανώνονται σε ομάδες των εννέα ή δώδεκα bits. Το πρώτο bit κάθε πλαισίου είναι το λεγόμενο start bit και κάθε φορά που εκπέμπεται, ο δέκτης καταλαβαίνει και αρχίζει η επικοινωνία. Ακολουθούν τα bit του χαρακτήρα ένα προς ένα. Μετά από τα bit του χαρακτήρα ακολουθεί το bit ισοτιμίας για έλεγχο σφαλμάτων που συνέβησαν κατά την μετάδοση. Το πλαίσιο κλείνει με ένα ή δυο STOP bits που υποδηλώνουν το τέλος του χαρακτήρα και το σύστημα τίθεται σε κατάσταση αναμονής μέχρι να εμφανισθεί το επόμενο start bit. Αυτό που πρέπει να σημειώσουμε είναι ότι ο ρυθμός δειγματοληψίας του δέκτη πρέπει να ταυτίζεται με τον ρυθμό μετάδοσης των bit έτσι ώστε να μην χάσει ή να μην πάρει κάποιο bit δυο φορές.

Τυπική ασύγχρονη σειριακή συσκευή είναι το modem. Το βασικό μειονέκτημα της ασύγχρονης σειριακής επικοινωνίας είναι η ανάγκη που προκύπτει για start και stop bit. Με τον τρόπο αυτό επιβαρύνεται η διαδικασία μετάδοσης επιπλέον bits που δεν αντιπροσωπεύουν χρήσιμη πληροφορία.



Σχήμα 3.1 Ασύγχρονη Μετάδοση

3.3 Το Πρωτόκολλο RS-232C

Οι σειριακές θύρες του υπολογιστή χρησιμοποιούν το ασύγχρονο σειριακό πρωτόκολλο RS – 232 της ένωσης EIA (Electronics Industry Association) ή αλλιώς ονομάζεται V.24 / V.28 σύμφωνα με την διεθνή ένωση προτύπων CCITT. Οι διάφοροι κατασκευαστές υπολογιστών, τερματικών και συσκευών επικοινωνίας φροντίζουν να συμμορφώνονται με το πρότυπο αυτό, ώστε να υπάρχει απόλυτη συμβατότητα ανάμεσα στις συσκευές.

Το πρωτόκολλο RS–232C επιτρέπει την ασύγχρονη σειριακή επικοινωνία ανάμεσα σε δυο συσκευές. Εάν επιθυμούμε να συνδέσουμε παραπάνω από δύο συσκευές σε έναν υπολογιστή χρειαζόμαστε παραπάνω από μια σειριακές θύρες. Οι σειριακές θύρες επικοινωνούν μέσω αρσενικών συνδέσμων D-25 ή D-9.

Αν και σύμφωνα με το πρωτόκολλο ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης δεν ξεπερνά τα 19 kbps, οι σημερινές ταχύτητες μπορεί να είναι σαφώς μεγαλύτερες μέχρι 115Kbps.

Το πρωτόκολλο RS–232 καθορίζει δυο τύπους συσκευών. Ο πρώτος τύπος συσκευής ονομάζεται Τερματική Συσκευή Δεδομένων (DTE) και ο δεύτερος Συσκευή Επικοινωνίας Δεδομένων (DCE). Κάθε υπολογιστής και σχεδόν κάθε τερματικός σταθμός που διαθέτει θύρα RS – 232 είναι συσκευή DTE . Για την διασκευή των τερματικών σταθμών σε μεγάλες αποστάσεις είναι απαραίτητο να

παρεμβάλλονται συσκευές επικοινωνίας. Τυπικές τέτοιες συσκευές είναι τα modem που αναφέρονται ως συσκευές DCE.

Εκτός από το modem, στη σειριακή θύρα ενός υπολογιστή μπορεί να συνδεθούν και άλλες συσκευές που δεν προορίζονται για επικοινωνία αλλά για μετρήσεις, έλεγχο κυκλωμάτων κλπ.. Τέτοιες συσκευές είναι τα πολύμετρα, πηγές, ελεγκτές, αισθητήρες ακόμη και ηλεκτρικές συσκευές, οι οποίες είναι διαμορφωμένες σαν DCE. Συνεπώς η τυπική σύνδεση με χρήση του πρωτοκόλλου RS – 232 είναι ανάμεσα σε έναν υπολογιστή ή τερματικό και σε μια συσκευή επικοινωνίας.

Οι ακροδέκτες της σειριακής θύρας διακρίνονται στους ακροδέκτες ή γραμμές διευθύνσεων και στους ακροδέκτες ή γραμμές ελέγχου. Οι σπουδαιότεροι ακροδέκτες είναι αυτοί που μεταφέρουν δεδομένα εκπομπής και λήψης, δηλαδή την πληροφορία προς τη μία ή την άλλη κατεύθυνση. Όλοι οι υπόλοιποι ακροδέκτες είναι βοηθητικοί αλλά απαραίτητοι για την επικοινωνία έως DTE με ένα DCE .

Οι σπουδαιότεροι ακροδέκτες είναι αυτοί των pin 2 και 3, οι οποίοι ονομάζονται TD που προορίζεται για την εκπομπή σειριακών δεδομένων και RD για την λήψη δεδομένων. Οι σπουδαιότερες από τις γραμμές ελέγχου είναι οι RTS(Request To Send), CTS(Clear To Send), DSR(Data Set Ready) και DTR(Data Terminal Ready). Από την σκοπιά του υπολογιστή οι ακροδέκτες DTR και RTS προορίζονται για έξοδο δεδομένων, ενώ οι ακροδέκτες CTS και DSR προορίζονται για είσοδο δεδομένων.

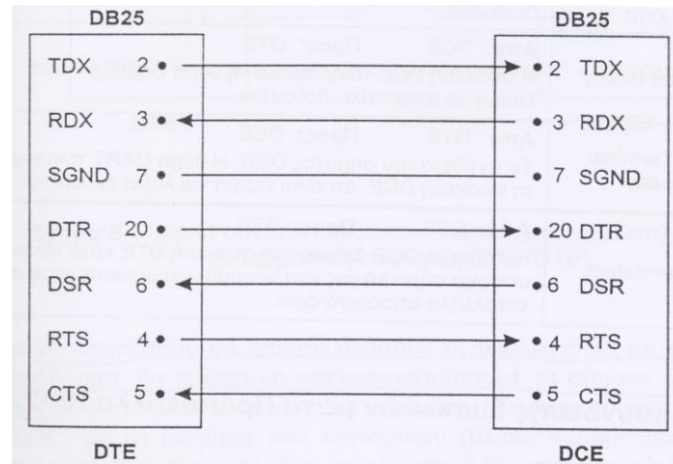
Η τυπική συσκευή ενός τερματικού με μια συσκευή επικοινωνίας εικονίζεται στο παρακάτω κύκλωμα. Σε μία τέτοια σύνδεση χρησιμοποιούνται και ακροδέκτες ελέγχου RTS /CTS και DCR/DTR οι οποίοι πραγματοποιούν την λεγόμενη «χειραγία» ανάμεσα στις συσκευές προκειμένου να γίνει ανταλλαγή δεδομένων.

Εκτός από την τυπική διεύθυνση DTE/DCE μπορούμε να συνδέσουμε και δύο υπολογιστές μεταξύ τους, δημιουργώντας ένα απλό δίκτυο. Η σύνδεση αυτή ονομάζεται null modem connection (σύνδεση με επικοινωνία modem). Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να « ξεγελάσουμε » τον υπολογιστή ότι επικοινωνεί με ένα modem και όχι με άλλον υπολογιστή. Για τον σκοπό αυτό συνδέουμε τον ακροδέκτη εκπομπής TD στην μια άκρη του καλωδίου με τον ακροδέκτη λήψης RD στην άλλη άκρη. Επίσης μπορούμε να συνδέσουμε τους ακροδέκτες SGND μεταξύ τους για να έχουμε κοινή τάση αναφοράς για κάθε υπολογιστή.

Οι προδιαγραφές του πρωτοκόλλου RS-232C είναι οι εξής:

- Το λογικό 0, που λέγεται SPACE βρίσκεται μεταξύ +3 και +25V(στην πράξη λαμβάνονται και εκπέμπονται από +5 έως +15V).

- Το λογικό 1, που λέγεται MARK βρίσκεται μεταξύ -3 και -25V(στην πράξη λαμβάνονται και εκπέμπονται από -5 έως -15V).



Σχήμα 3.2 Τυπική σύνδεση τερματικής συσκευής DTE και συσκευής επικοινωνίας DCE

3.4 Άλλα σειριακά πρωτόκολλα : Η θύρα USB (Universal Serial Bus)

Στόχος της ανάπτυξης του USB ήταν η δημιουργία ενός ενιαίου τρόπου διασύνδεσης οποιασδήποτε περιφερειακής συσκευής στον υπολογιστή με υψηλή ταχύτητα, μεγάλη απλότητα και χαμηλό κόστος. Είναι σειριακό, αμφίδρομης μετάδοσης και υποστηρίζει ταχύτητες 1,5Mbps και 12Mbps. Μια νεότερη έκδοσή του(USB 2.0) υποστηρίζει επιπλέον και τον ρυθμό μετάδοσης 480Mbps και επιτρέπει συνδέσεις και με συσκευές εξαιρετικά υψηλής ταχύτητας. Το USB όμως περιορίζεται για συνδέσεις περιορισμένης απόστασης, καθώς το μήκος μιας σύνδεσης χωρίς επαναλήπτη περιορίζεται στα 5 μέτρα.

Τέλος το καλώδιο του USB αποτελείται από 4 αγωγούς, δυο που αποτελούν ένα συμμετρικό συνεστραμμένο ζεύγος και χρησιμοποιούνται για την μετάδοση δεδομένων, ένα αγωγό για παροχή ηλεκτρικής ισχύος με τάση 5Volt και ένα αγωγό γείωσης.



Σχήμα 3.3 Συνδετήρας USB

3.5 Επικοινωνία Μέσω της Παράλληλης Θύρας

Η παράλληλη θύρα διαθέτει σημαντικό αριθμό ακροδεκτών από τους οποίους αρκετοί χρησιμοποιούνται για έξοδο ψηφιακών δεδομένων ενώ ορισμένοι χρησιμοποιούνται για είσοδο. Στην παράλληλη θύρα συνδέονται συσκευές όπως εκτυπωτές, οπτικοί σαρωτές, οδηγοί zip κ.α.. Αυτές οι συσκευές χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο CENTRONICS για το οποίο θα μιλήσουμε παρακάτω.

Σήμερα έχουν αναπτυχθεί σύγχρονα κυκλώματα θυρών, τα οποία έχουν περισσότερες δυνατότητες λειτουργίας. Οι παράλληλες θύρες που χρησιμοποιούνται για αυτά τα κυκλώματα διαθέτουν αναβαθμισμένο hardware με αποτέλεσμα να επιτρέπουν μεγάλες ταχύτητες, απλούστερες διαδικασίες, χρήση των διαύλων DMA κ.α.. Φυσικά είναι συμβατές με το πρωτόκολλο CENTRONICS για να λειτουργούν όπως τα παλαιότερα κυκλώματα.

Ο συνδετήρας της παράλληλης θύρας είναι τύπου D, αποτελείται από 25 ακροδέκτες και είναι θηλυκός. Από την μεριά της συσκευής η παράλληλη θύρα είναι τύπου CENTRONICS 36 ακροδεκτών. Στον πίνακα 3.4 παρουσιάζονται οι 25 ακροδέκτες της παράλληλης θύρας και οι ονομασίες τους.

Όνομασία και λειτουργία ακροδεκτών της παράλληλης θύρας ενός Η/Υ

Ακρο-δέκτης (D-25)	Όνομασία ακροδέκτη	Λειτουργία	Καταχωρητής	Εσωτερική αντιστροφή σήματος
1	STROBE	Είσοδος/Έξοδος	Κατ. Ελέγχου - Control	Ναι
2	D0	Έξοδος	Κατ. Δεδομένων - Data	Όχι
3	D1	Έξοδος	Κατ. Δεδομένων - Data	Όχι
4	D2	Έξοδος	Κατ. Δεδομένων - Data	Όχι
5	D3	Έξοδος	Κατ. Δεδομένων - Data	Όχι
6	D4	Έξοδος	Κατ. Δεδομένων - Data	Όχι
7	D5	Έξοδος	Κατ. Δεδομένων - Data	Όχι
8	D6	Έξοδος	Κατ. Δεδομένων - Data	Όχι
9	D7	Έξοδος	Κατ. Δεδομένων - Data	Όχι
10	ACK	Είσοδος	Κατ. Κατάστασης - Status	Όχι
11	BUSY	Είσοδος	Κατ. Κατάστασης - Status	Ναι
12	PAPER_END	Είσοδος	Κατ. Κατάστασης - Status	Όχι
13	SELECT	Είσοδος	Κατ. Κατάστασης - Status	Όχι
14	AUTO_FEED	Είσοδος/Έξοδος	Κατ. Ελέγχου - Control	Ναι
15	ERROR	Είσοδος	Κατ. Κατάστασης - Status	Όχι
16	INIT	Είσοδος/Έξοδος	Κατ. Ελέγχου - Control	Όχι
17	SEL_INP	Είσοδος/Έξοδος	Κατ. Ελέγχου - Control	Ναι
18-25	GROUND	-	-	-

Πίνακας 3.4 Οι ακροδέκτες της παράλληλης θύρας και οι ονομασίες τους

Όπως φαίνεται στον πίνακα οι ακροδέκτες χωρίζονται σε τρεις ομάδες ανάλογα με τους καταχωρητές που αντιστοιχούν. Οι καταχωρητές αντιστοιχούν σε διαφορετικές διευθύνσεις μνήμης μέσω των οποίων έχουμε πρόσβαση στους ακροδέκτες για είσοδο ή έξοδο. Οι καταχωρητές αυτοί είναι οι εξής: Καταχωρητής Δεδομένων, Καταχωρητής Κατάστασης και Καταχωρητής Ελέγχου.

3.5.1 Διεύθυνση της Παράλληλης Θύρας

Η παράλληλη θύρα αναφέρεται με την ονομασία LPT. Η πρώτη παράλληλη θύρα που διαθέτει ένας υπολογιστής ονομάζεται LPT1 και έχει διεύθυνση H378. Σε περίπτωση που ο υπολογιστής διαθέτει και δεύτερη παράλληλη θύρα αυτή ονομάζεται LPT2 και έχει διεύθυνση H278. Το γράμμα H σημαίνει ότι οι διευθύνσεις αναγράφονται στο δεκαεξαδικό σύστημα.

Στον πίνακα 3.5 βλέπουμε τις περιοχές διευθύνσεων που αντιστοιχούν συνήθως στις δυο πρώτες παράλληλες θύρες ενός Η/Υ. Βλέπουμε πως εκτός από την βασική διεύθυνση, σε κάθε παράλληλη θύρα αντιστοιχεί και ένας πίνακας διευθύνσεων όπου βρίσκονται οι διάφοροι καταχωρητές. Οι βασικοί καταχωρητές της παράλληλης θύρας είναι ο Καταχωρητής Δεδομένων, Κατάστασης και Ελέγχου.

Διευθύνσεις των παράλληλων θυρών ενός Η/Υ

Όνομα θύρας	Βασική διεύθυνση	Περιοχή διευθύνσεων
LPT1	H378	H378 έως H37F
LPT2	H278	H278 έως H27F

Πίνακας 3.5 Διευθύνσεις των παράλληλων θυρών ενός Η/Υ

3.5.2 Καταχωρητής Δεδομένων (DATA Register)

Ο καταχωρητής δεδομένων χρησιμοποιείται για την έξοδο των δεδομένων προς τους ακροδέκτες 2 έως 9. Συνήθως αυτός ο καταχωρητής λειτουργεί προς μια μόνο κατεύθυνση, όμως μερικές νεότερες κάρτες είναι διπλής κατεύθυνσης και μπορεί να λειτουργήσει και σαν είσοδος και σαν έξοδος. Επειδή όμως αυτό δεν ισχύει για όλες τις κάρτες καλό είναι ο Καταχωρητής Δεδομένων να τον χρησιμοποιούμε σαν Καταχωρητή εξόδου δεδομένων. Στον πίνακα 3.6 φαίνονται τα bits του καταχωρητή δεδομένων, η λειτουργία τους και οι αντίστοιχοι ακροδέκτες του συνδετήρα D-25.

Τα bits του καταχωρητή δεδομένων (data register), που ευρίσκονται στη βασική διεύθυνση (συνήθως H378)

ΕΞΟΔΟΣ WRITE	Καταχωρητής δεδομένων (DATA), στη διεύθυνση base+0							
	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
D-25	9	8	7	6	5	4	3	2
Centronics	9	8	7	6	5	4	3	2

Πίνακας 3.6 Τα bits του Καταχωρητή Δεδομένων

3.5.3 Καταχωρητής Κατάστασης (STATUS Register)

Ο καταχωρητής Κατάστασης είναι μόνο για είσοδο δεδομένων. Αυτός ο καταχωρητής αποτελείται από 8 bits από τα οποία μόνο τα πέντε αντιστοιχούν σε ακροδέκτες (b3 έως b7). Από τα άλλα τρία τα δυο πρώτα είναι δεσμευμένα ενώ το τρίτο είναι το bit κατάστασης των διακοπών δηλαδή προορίζεται για την διαπίστωση

των διακοπών. Στον πίνακα 3.7 φαίνονται τα bits του Καταχωρητή Κατάστασης της παράλληλης θύρας.

Τα bits του καταχωρητή κατάστασης (status register), που ευρίσκονται στη βασική διεύθυνση συν ένα (συνήθως H379)

ΕΙΣΟΔΟΣ INPUT	Καταχωρητής κατάστασης (STATUS), στη διεύθυνση base+1							
	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
	$\overline{\text{BUSY}}$	ACK	PAPER _END	SELECT	ERROR	nIRQ		
D-25	11	10	12	13	15			
Centronics	11	10	12	13	15			

Πίνακας 3.7 Τα bits του Καταχωρητή Κατάστασης

3.5.4 Καταχωρητής Ελέγχου (CONTROL Register)

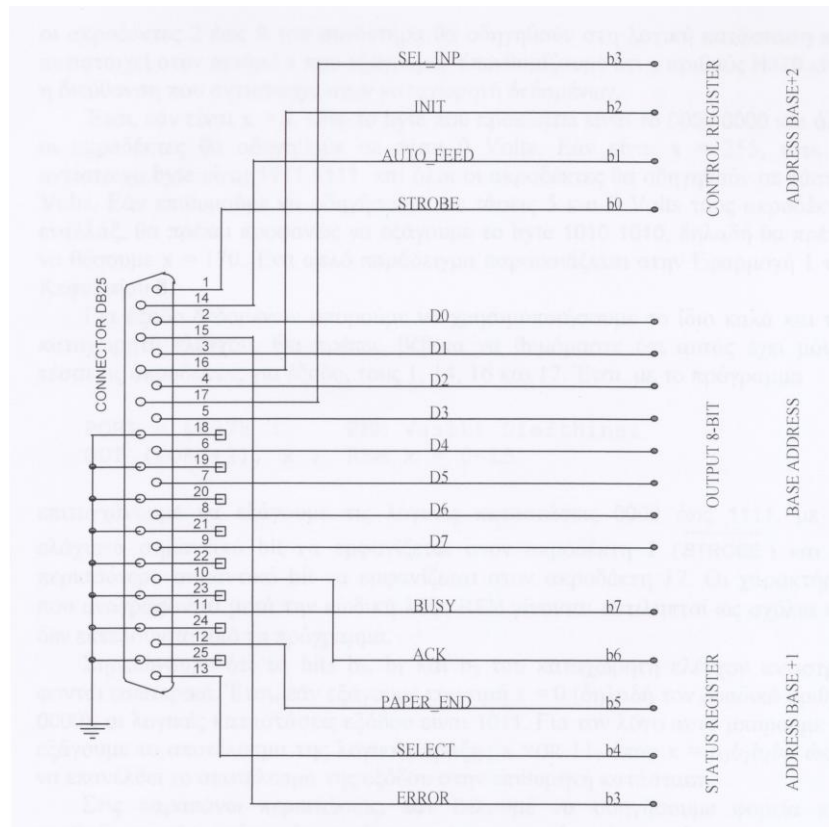
Στον Καταχωρητή Ελέγχου έχουμε τα σήματα ελέγχου $\overline{\text{STROBE}}$, $\overline{\text{AUTO_FEED}}$ και $\overline{\text{SELECT_INPUT}}$ τα οποία αντιστρέφονται εσωτερικά από τα κυκλώματα της κάρτας. Το σήμα INIT δεν αντιστρέφεται, ενώ τα bits 4 και 5 δεν αντιστοιχούν σε εξωτερικούς ακροδέκτες, αλλά έχουν κάποιες ειδικές λειτουργίες. Στον πίνακα 3.8 φαίνονται τα bits του Καταχωρητή Ελέγχου της παράλληλης θύρας.

Τα bits του καταχωρητή ελέγχου (control register), που ευρίσκονται στη βασική διεύθυνση συν δύο (π.χ. H380)

ΕΙΣΟΔΟΣ/ ΕΞΟΔΟΣ I/O	Καταχωρητής Ελέγχου (CONTROL), στη διεύθυνση base+2							
	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
	-	-	Ενεργοποίηση διπλής κατεύθυνσης	Ενεργοποίηση διακοπών με ακροδέκτη ACK	$\overline{\text{SELECT}}$ INPUT	INIT	$\overline{\text{AUTO_}}$ FEED	$\overline{\text{STROBE}}$
D-25	-	-	-	-	17	16	14	1
Centronics	-	-	-	-	36	31	14	1

Πίνακας 3.8 Τα bits του Καταχωρητή Ελέγχου

Τέλος στο σχήμα 3.9 φαίνεται ο Λογικός Χάρτης στον οποίο συνοψίζονται όλα όσα αναφέρθηκαν στις παραπάνω παραγράφους.



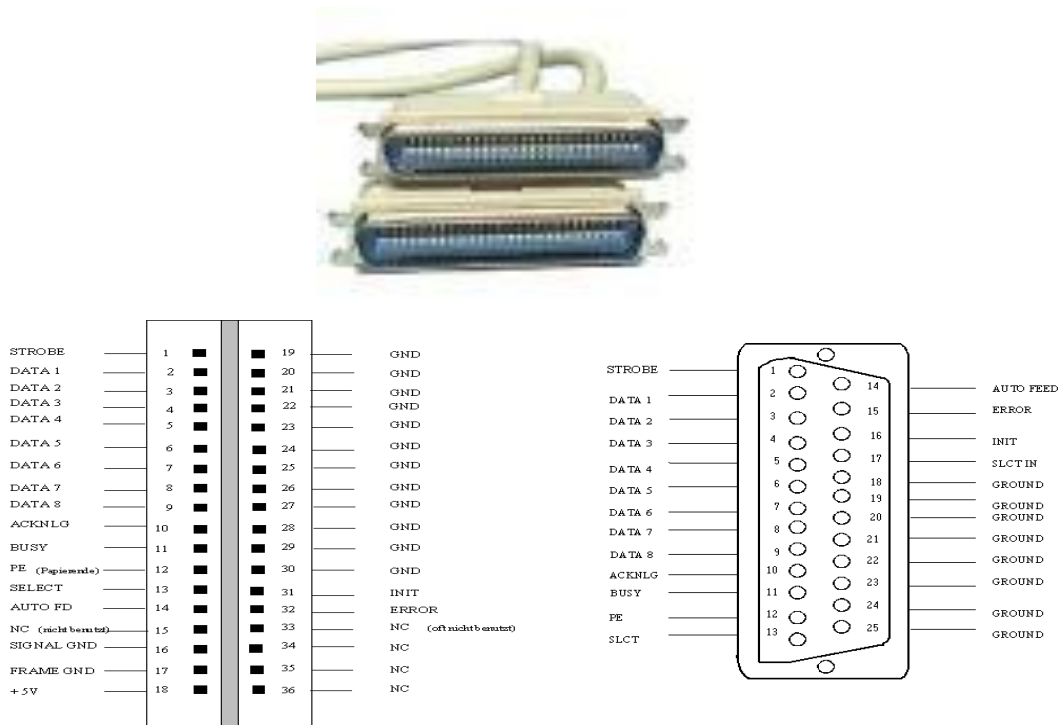
Πίνακας 3.9 Συνολικός Χάρτης της παράλληλης θύρας

3.6 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ

Για την παράλληλη επικοινωνία με τον εκτυπωτή όλοι οι προσωπικοί Υπολογιστές χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο CENTRONICS. Για σύνδεση εργαστηριακών οργάνων χρησιμοποιείται μια ειδική παράλληλη θύρα η GPIB της οποίας το πρωτόκολλο είναι το IEEE488.

3.6.1 CENTRONICS

Το πρωτόκολλο CENTRONICS αποτελεί ένα πρότυπο ανταλλαγής σημάτων ανάμεσα στην παράλληλη θύρα και τις συσκευές που συνδέονται σε αυτήν. Περιλαμβάνει την αποστολή των δεδομένων και την ανταλλαγή σημάτων “χειραψίας”. Στο σχήμα 3.10 έχουμε τη μορφή του connector με όλους τους ακροδέκτες. Τα bit πληροφορίας μεταφέρονται παράλληλα μέσω 8 αγωγών, η μεταφορά τους ελέγχεται από τα σήματα Strobe και Acknowledge και ο έλεγχος ροής γίνεται μέσω του ακροδέκτη 11. Επίσης στο σχήμα 3.10 παρουσιάζουμε και τους ακροδέκτες του πρωτοκόλλου CENTRONICS. Έχουμε τον θηλυκό σύνδεσμο που αποτελείται από 25 ακροδέκτες και τον αρσενικό σύνδεσμο που αποτελείται από 36 ακροδέκτες.



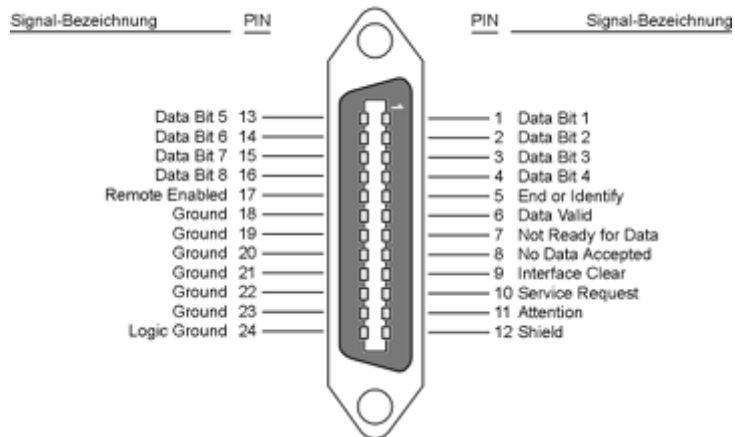
Σχήμα 3.10 Συνδετήρες CENTRONICS

3.6.2 GPIB ή IEEE488

Μια άλλη παράλληλη διασύνδεση είναι η IEEE488 η οποία προσδιορίζει τα μηχανικά, ηλεκτρικά, λειτουργικά και διαδικαστικά χαρακτηριστικά της διασύνδεσης. Σήμερα είναι το κυριότερο πρωτόκολλο διασύνδεσης που χρησιμοποιείται στα αυτοματοποιημένα συστήματα. Χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία για τον έλεγχο συσκευών και οργάνων από κεντρικό υπολογιστή. Η μεταφορά δεδομένων είναι δυνατή όπως και στη διασύνδεση CENTRONICS και προς τις δυο κατευθύνσεις. Στην IEEE488 υπάρχουν 8 αγωγοί για την μετάδοση δεδομένων και άλλοι που μεταφέρουν σήματα ελέγχου. Ένας περιορισμός του πρωτοκόλλου διασύνδεσης GPIB είναι η μέγιστη μεταφορά δεδομένων η οποία φθάνει και τα 1 Mbyte ανά δευτερόλεπτο. Στο σχήμα 3.11 παρουσιάζονται φωτογραφίες του συνδέσμου IEEE488 καθώς και οι ακροδέκτες του.



IEEE 488 Interface



Σχήμα 3.11 GPIB ή IEEE488

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ DAQ

4.1 Εισαγωγή

Με τον όρο Acquisition (Απόκτηση ή Συλλογή) καλούμε τον τρόπο με τον οποίο μεγέθη όπως η πίεση, η θερμοκρασία, το ρεύμα μετατρέπονται σε ψηφιακά δεδομένα και απεικονίζονται στην οθόνη ενός υπολογιστή. Οι συσκευές μετρήσεως όπως α) όργανα εφοδιασμένα με θύρες επικοινωνίας (RS-232, παράλληλη GPIB, USB) β) κάρτες ή συστήματα DAQ και γ) τα βιομηχανικά συστήματα μετρήσεων τύπου PXI, VXI σχεδιάζονται σύμφωνα με την αρχιτεκτονική της απόκτησης, της ανάλυσης και της επεξεργασίας πληροφοριών των σημάτων μετρήσεως.

Εδώ καλό είναι να αναφέρουμε λίγα λόγια για τα συστήματα PXI και VXI. Ο όρος PXI (PCI eXtension for Instrument) είναι επέκταση των PCI (Peripheral Component Interconnect) και καθορίζει ένα αυστηρά λειτουργικό σύστημα μετρήσεων και ελέγχου βασισμένο σε H/Y. Το PXI χρησιμοποιεί τον υψηλής ταχύτητας PCI δίαυλο.

Από την άλλη το VXI (VMEbus eXtensions for Instrumentation) δημιουργήθηκε για να μπορούν συσκευές διαφορετικών κατασκευαστικών εταιριών να μπορούν να λειτουργήσουν μαζί σε ένα καθορισμένο περιβάλλον χωρίς προβλήματα επικοινωνίας. Το VXI αποτελεί δηλαδή μια εξέλιξη του VMEbus με ενσωματωμένα χαρακτηριστικά του προτύπου GPIB.

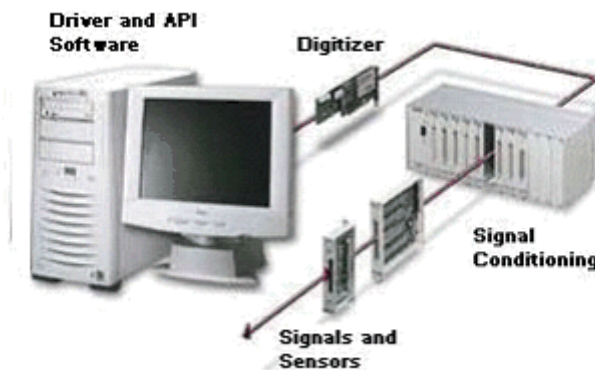
Οι μονάδες των συστημάτων DAQ διακρίνονται σε:

- 1) Συσκευές DAQ Εργαστηριακών Εφαρμογών
- 2) Συσκευές DAQ Βιομηχανικού Σχεδιασμού
- 3) Συσκευές DAQ Βιομηχανικού Δικτύου

Εμείς θα αρκεστούμε στην ανάλυση των Συσκευών DAQ Εργαστηριακών εφαρμογών.

4.2 Συσκευές DAQ Εργαστηριακών Εφαρμογών

Οι συσκευές DAQ εργαστηριακών εφαρμογών είναι κάρτες που συνδέονται με τον υπολογιστή για την απόκτηση δεδομένων. Οι συσκευές DAQ μπορούν είτε να συνδεθούν στο εσωτερικό του υπολογιστή μέσω ενός συνδέσμου είτε εξωτερικά με τον υπολογιστή μέσω τερματικών συνδέσμων, τα οποία είναι συνδεδεμένα μέσω της παράλληλης ή της σειριακής θύρας. Ρόλος των συσκευών DAQ είναι η μετατροπή του εισερχόμενου σήματος σε ψηφιακό δεδομένο που στέλνεται στον υπολογιστή και όχι η επεξεργασία της μέτρησης την οποία αναλαμβάνει το λογισμικό. Προτού όμως ο υπολογιστής μετρήσει αυτό το φυσικό σήμα θα πρέπει ένας αισθητήρας να το μετατρέψει σε ηλεκτρικό μέγεθος όπως τάση ή ρεύμα.



Σχήμα 4.1 Γενικό Σύστημα DAQ που βασίζεται σε Μικροϋπολογιστή

Χρησιμοποιώντας τις κάρτες DAQ υψηλής απόδοσης και γρήγορους υπολογιστές μαζί με το λογισμικό LabVIEW μπορεί να επιτευχθεί υψηλή ακρίβεια μέτρησης και ελέγχου της πληροφορίας του σήματος σε εργαστηριακή ή βιομηχανική εφαρμογή. Έτσι τα εικονικά όργανα (Virtual Instruments-VI) μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν συστήματα DAQ για συλλογή, επεξεργασία, καταγραφή και έλεγχο των δεδομένων μιας πηγής εισόδου ή ενός σήματος εξόδου.

Για να είναι σωστά αυτά τα αποτελέσματα που δέχεται ένα σύστημα DAQ θα πρέπει να αποτελείται από κάποια στοιχεία. Ένα από αυτά τα στοιχεία είναι ο υπολογιστής, ο οποίος επηρεάζει σημαντικά τις ταχύτητες με τις οποίες μπορούμε να αποκτήσουμε δεδομένα. Τα δεδομένα μπορούμε να τα αποκτήσουμε πολύ πιο γρήγορα με την βοήθεια της σημερινής τεχνολογίας, η οποία έχει να επιδείξει επεξεργαστές και αρχιτεκτονικές διαύλων υψηλής απόδοσης. Συγκεκριμένα ο

διάυλος PCI και η θύρα USB είναι οι δημοφιλέστεροι και οι επικρατέστεροι διάυλοι των σημερινών επιτραπέζιων υπολογιστών.

Η επιλογή μιας συσκευής DAQ και μιας αρχιτεκτονικής διαύλων θα πρέπει να γίνεται λαμβάνοντας υπόψη και τις μεθόδους μεταφοράς δεδομένων που υποστηρίζονται από τη συσκευή και από το διάυλο προς επιλογή. Διαφορετικά μπορεί να επηρεαστεί σημαντικά η απόδοση του συστήματος DAQ.

Μια μέθοδος είναι η ‘απευθείας προσβάσεως’ στην μνήμη DMA που χρησιμοποιείται στους περισσότερους σύγχρονους υπολογιστές και αυξάνει την απόδοση του συστήματος. Με αυτήν την μέθοδο ο επεξεργαστής δεν επιβαρύνεται με δεδομένα που μετακινούνται και χρησιμοποιείται για άλλες λειτουργίες.

Για την απόκτηση δεδομένων υπάρχουν κάποιοι περιοριστικοί παράγοντες. Ένας από αυτούς είναι ο σκληρός δίσκος, ο οποίος μειώνει σημαντικά το χρόνο απόκτησης και κατανομής δεδομένων σε αυτόν. Επίσης για συστήματα τα οποία πρέπει αποκτήσουν υψηλής συχνότητας σήματα ο σκληρός δίσκος θα πρέπει να είναι υψηλής ταχύτητας. Επίσης και ο επεξεργαστής ο οποίος θα επεξεργάζεται τα σήματα θα πρέπει να είναι και αυτός υψηλής ταχύτητας.

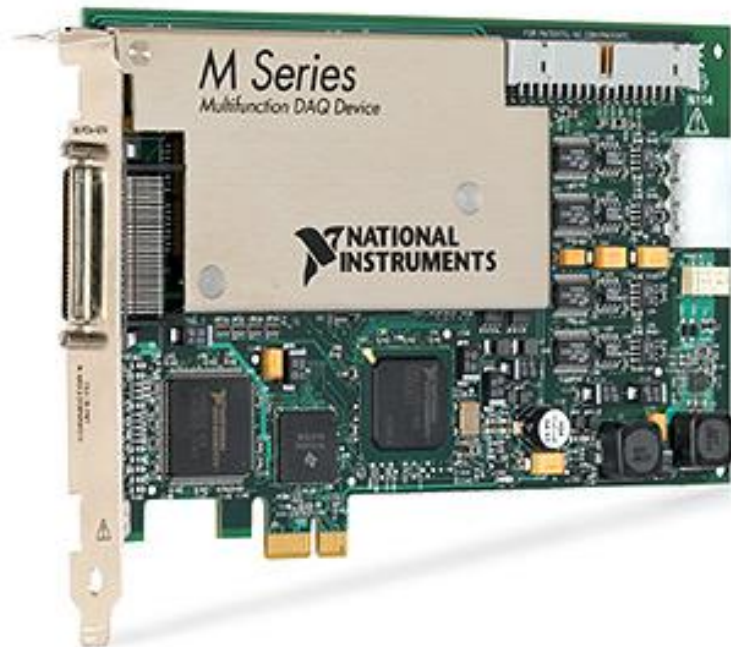
Ο αισθητήρας είναι το επόμενο στοιχείο από το οποίο θα πρέπει να αποτελείται ένα σύστημα DAQ. Ο αισθητήρας ορίζεται ως το βασικό στοιχείο σε μια μετρητική αλυσίδα, που μετατρέπει την μεταβλητή εισόδου σε μετρήσιμο σήμα. Το σήμα εισόδου του αισθητήρα μπορεί να είναι κάθε μορφής, ενώ το σήμα εξόδου έχει αποκλειστικά ηλεκτρικές ιδιότητες αναλογικής ή ψηφιακής μορφής.

Η θέση ενός αισθητήρα μπορεί να είναι εξωτερική ούτως ώστε να δέχεται τα εξωτερικά ερεθίσματα, όπως επίσης και εσωτερική παρακολουθώντας την συμπεριφορά του συστήματος. Επίσης οι αισθητήρες μπορούν να είναι παθητικοί, οι οποίοι χρειάζονται την παροχή εξωτερικής ενέργειας ή ενεργητικοί οι οποίοι δεν χρειάζονται την παροχή εξωτερικής ενέργειας για να λειτουργήσουν. Τέλος υπάρχουν οι αισθητήρες επαφής οι οποίοι βρίσκονται σε επαφή με το αντικείμενο και οι αισθητήρες μη επαφής.

Τέλος τα ηλεκτρικά σήματα των αισθητήρων οδηγούνται σε έναν πολυπλέκτη, του οποίου σκοπός είναι να συνδέει τους αισθητήρες με τον μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A/D) ή απευθείας με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή στην περίπτωση που οι αποκρίσεις των αισθητήρων είναι σε ψηφιακή μορφή.

4.3 Λειτουργικά Χαρακτηριστικά Καρτών DAQ

Οι κάρτες DAQ είναι πολυλειτουργικές κάρτες αναλογικών και ψηφιακών εισόδων / εξόδων που διαθέτουν ενσωματωμένους μετρητές, ένα 12 – bit μετατροπέα αναλογικό σε ψηφιακό (A/D) με είσοδο 8 καναλιών, ψηφιακό σε αναλογικό μετατροπέα (D/A) και ψηφιακές εισόδους σημάτων TTL.



Σχήμα 4.2 Κάρτα DAQ που τοποθετείται στον διάυλο PCI.



Σχήμα 4.3 Κάρτα DAQ που συνδέεται στη θύρα USB (www.ni.com)

Τα αναλογικά σήματα που εισέρχονται στις κάρτες DAQ ομαδοποιούνται σε τρία πεδία ως προς το χρόνο απόκτησης των τιμών τους :

- Συνεχές Μεταβλητού Πεδίου (DC)
- Πεδίο Χρόνου (Time Domain)
- Πεδίο Συχνότητας (Frequency Domain)

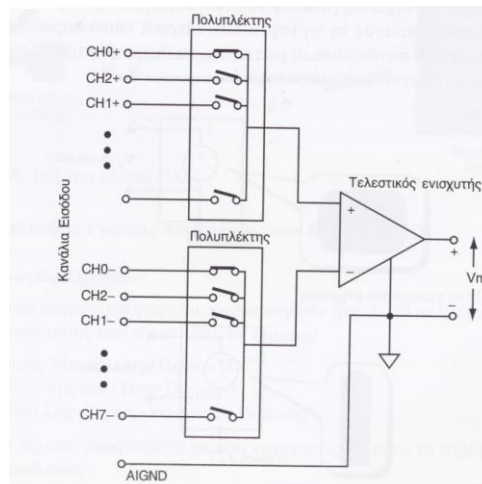
Επίσης τα σήματα διακρίνονται και ως προς τη στάθμη αναφοράς του δυναμικού τους, σε δυο κατηγορίες:

- Γειωμένα τα οποία έχουν στάθμη αναφοράς ως προς τη γη
- Επιπλέοντα σε αντίθετη περίπτωση

Τέλος στις συσκευές DAQ υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τρόποι σύνδεσης των σημάτων εισόδων προς μέτρηση:

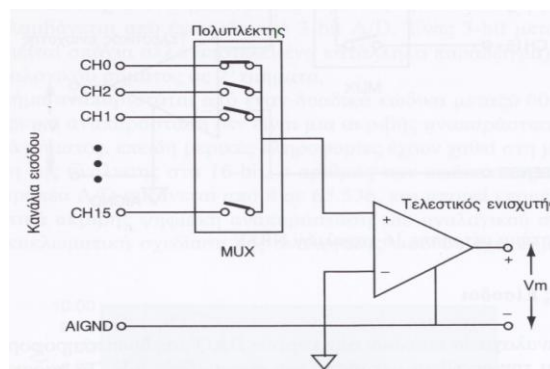
- Διαφορική Σύνδεση (Differential – DIFF)
- Σύνδεση με αναφορά μοναδικά τερματισμένη (Referenced Single – Ended – RSE)
- Σύνδεση χωρίς αναφορά μοναδικά τερματισμένη (Non Referenced Single – Ended – NRSE)

Πιο συγκεκριμένα σε ένα διαφορικό σύστημα μέτρησης οι τελεστικοί ενισχυτές των συσκευών DAQ ορίζονται σε συνδεσμολογία διαφορικού ενισχυτή. Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε ένα διαφορικό σύστημα μέτρησης 8 καναλιών. Οι αναλογικοί πολυπλέκτες αυξάνουν τον αριθμό καναλιών μέτρησης χρησιμοποιώντας έναν τελεστικό ενισχυτή. Ο ακροδέκτης AIGND (Αναλογική Γείωση Εισόδου) είναι η γείωση του συστήματος μέτρησης. Το διαφορικό σύστημα απορρίπτει τους θορύβους από το βρόγχο γειώσεων αλλά και τους άλλους που ως ένα βαθμό υπάρχουν στον περιβάλλον. Γι' αυτό το λόγο το διαφορικό σύστημα είναι προτιμότερο.



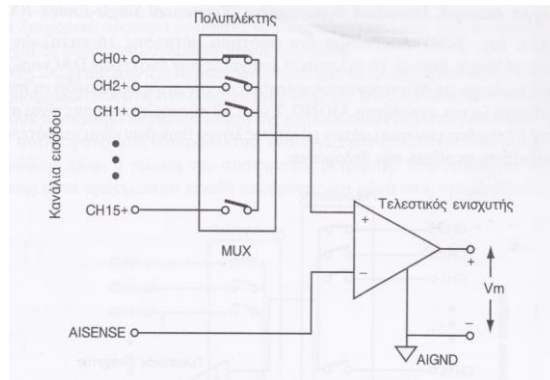
Σχήμα 4.4 Διαφορικό σύστημα μέτρησης 8 καναλιών

Σε μια σύνδεση με αναφορά, μοναδικά τερματισμένη οι τελεστικοί ενισχυτές των συσκευών DAQ ορίζονται σε συνδεσμολογία μη αναστρέφοντος ενισχυτή. Ένα RSE σύστημα μέτρησης είναι αποδεκτό όταν το μέγεθος των σφαλμάτων μέτρησης λόγω θορύβων είναι μικρότερο από την απαραίτητη ακρίβεια των δεδομένων. Στο σχήμα 4.5 ένα σύστημα μέτρησης RSE 16 καναλιών.



Σχήμα 4.5 Σύστημα μέτρησης 16 καναλιών RSE

Τέλος οι συσκευές DAQ χρησιμοποιούν συχνά μια παραλλαγή της τεχνικής μέτρησης RSE , γνωστή ως NRSE. Σε αυτήν την μέθοδο, όλες οι μετρήσεις λαμβάνονται με αναφορά τη στάθμη σήματος που συνδέεται στον ακροδέκτη AISENSE. Στο σχήμα 4.6 φαίνεται ένα σύστημα μέτρησης NRSE.



Σχήμα 4.6 Σύστημα μέτρησης 16 καναλιών NRSE

4.4 Χαρακτηριστικά καρτών DAQ

Οι αναλογικές εισοδοί των καρτών DAQ έχουν κάποια χαρακτηριστικά, τα οποία συσχετίζονται με τα χαρακτηριστικά των μετατροπέων A/D. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι τα εξής :

- 1) **Αριθμός Καναλιών** : Ο αριθμός των αναλογικών εισόδων του καναλιού διευκρινίζεται τόσο για τους τρόπους συνδεσμολογίας RSE, NRSE σημάτων όσο και για την μέθοδο διαφορικής μέτρησης (DIFF).
- 2) **Συχνότητα Δειγματοληψίας** : Όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα δειγματοληψίας τόσο περισσότερα δεδομένα προσφέρει για έναν συγκεκριμένο χρόνο και μπορεί να ανακτήσει μια καλύτερη αναπαράσταση του αρχικού σήματος.
- 3) **Ανάλυση** : Ο αριθμός των bit που χρησιμοποιεί ο μετατροπέας A/D για να αναπαραστήσει το αναλογικό σήμα. Όσο μεγαλύτερη είναι η ανάλυση τόσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός υποδιαίρεσεων του εύρους και τόσο μικρότερη είναι η αλλαγή τάσης στην είσοδό του.
- 4) **Εύρος** : Είναι το ανώτατο και το κατώτατο επίπεδο τάσης που ο μετατροπέας A/D μπορεί να κβαντίσει. Οι συσκευές DAQ πρέπει να προσφέρουν δυνατότητα επιλογής εύρους, έτσι ώστε να μπορεί να προσαρμοστεί το εύρος του σήματος σε εκείνον τον μετατροπέα A/D.

- 5) **Πλάτος Κώδικα** : Είναι η μικρότερη ανιχνεύσιμη αλλαγή στο σήμα εισόδου, η οποία καθορίζεται από την ανάλυση και το εύρος μιας συσκευής DAQ. Ο τύπος που υπολογίζουμε το πλάτος κώδικα είναι ο εξής :

$$\text{Πλάτος Κώδικα} = \frac{\text{εύρος}}{2^{\text{ανάλυση}}}$$

Όσο μικρότερο είναι το πλάτος κώδικα τόσο ακριβέστερες είναι οι μετρήσεις.

- 6) **Αντίσταση Εισόδου** : Οι συσκευές DAQ έχουν υψηλή αντίσταση εισόδου έτσι ώστε να μην προκαλείται σφάλμα μέτρησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟ LabVIEW

Το LabVIEW είναι μια δυνατή γλώσσα προγραμματισμού μετρήσεων, ελέγχου και ανάλυσης για υπολογιστές. Το LabVIEW στηρίζεται στον γραφικό προγραμματισμό μέσω αντικειμένων, όπου ο χρήστης ξεφεύγει από την παραδοσιακή φύση των γλωσσών προγραμματισμού. Στο γραφικό αυτό περιβάλλον ο χρήστης δεν χειρίζεται κώδικα, αλλά γραφικά αντικείμενα, όπως κουμπιά, ενδείκτες, οθόνες ή τετραγωνίδια που παριστάνουν συναρτήσεις ή εκτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες με την μορφή υπορουτίνων.

Το όνομα LabVIEW είναι το ακρόνυμο των λέξεων «Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench» (Σχεδιαστήριο για την Κατασκευή Εργαστηριακών Οργάνων). Η γραφική γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιεί το LabVIEW για τον προγραμματισμό και δημιουργία εικονικών οργάνων ονομάζεται γλώσσα G. Με αυτήν την γλώσσα ο προγραμματισμός επιτυγχάνεται με γραφικά σύμβολα στο διάγραμμα βαθμίδων (block diagram).

Ένα εικονικό όργανο που κατασκευάζεται με το γραφικό περιβάλλον LabVIEW μπορεί να προσομοιώνει απλώς μια λειτουργία και να την παρουσιάζει στην οθόνη του υπολογιστή για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Όμως, είναι δυνατόν να συνδέεται με τις θύρες εισόδου/εξόδου του υπολογιστή ή με επιπρόσθετες κάρτες επέκτασης, προκειμένου να κάνει πραγματική εισαγωγή ή εξαγωγή δεδομένων. Στην περίπτωση αυτή ο υπολογιστής με την βοήθεια των εισόδων και εξόδων μετατρέπεται σε ένα ισχυρό εργαλείο μετρήσεων με πολλές δυνατότητες επεξεργασίας δεδομένων.

Το LabVIEW διαθέτει έναν αριθμό από έτοιμα VIs και ορισμένα εικονίδια περιπτώσεων που επιτρέπουν την επικοινωνία με όλα τα γνωστά πρωτόκολλα μετάδοσης δεδομένων. Έτσι, υπάρχουν έτοιμες λειτουργίες που επιτρέπουν τη συλλογή και μετάδοση δεδομένων μέσω της σειριακής θύρας του υπολογιστή, καθώς και μέσω της παράλληλης θύρας. Επίσης, υπάρχουν λειτουργίες για την ανταλλαγή δεδομένων με την κάρτα ήχου, καθώς και με κάρτες επέκτασης που χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο GPIB ή IEEE 488. Εξάλλου όλες οι κάρτες συλλογής δεδομένων της εταιρείας National Instruments είναι συμβατές με το LabVIEW με την βοήθεια ειδικών οδηγών που ενσωματώνονται στο λογισμικό. Το ίδιο συμβαίνει και με

σημαντικό αριθμό άλλων οργάνων, για τα οποία κυκλοφορούν οδηγοί συμβατοί με το LabVIEW.

Έτσι μέσω του πρωτοκόλλου επικοινωνίας (RS232, CENTRONICS, IEEE488 ή TCP/IP) η πληροφορία που δημιουργείται στην οθόνη του υπολογιστή συνδέεται με πραγματικά όργανα, μέσω του λογισμικού. Όταν πατούμε ένα εικονικό κουμπί στην οθόνη, ενεργοποιείται ένας πραγματικός διακόπτης σε ένα εργαστηριακό όργανο. Σ' αυτήν ακριβώς τη δυνατότητα, που επεκτείνει την απλή προσομοίωση ώστε να γίνεται εφικτός ο έλεγχος αληθινών οργάνων, βρίσκεται και η δυνατότητα του LabVIEW ως λογισμικού μετρήσεων και ελέγχου.

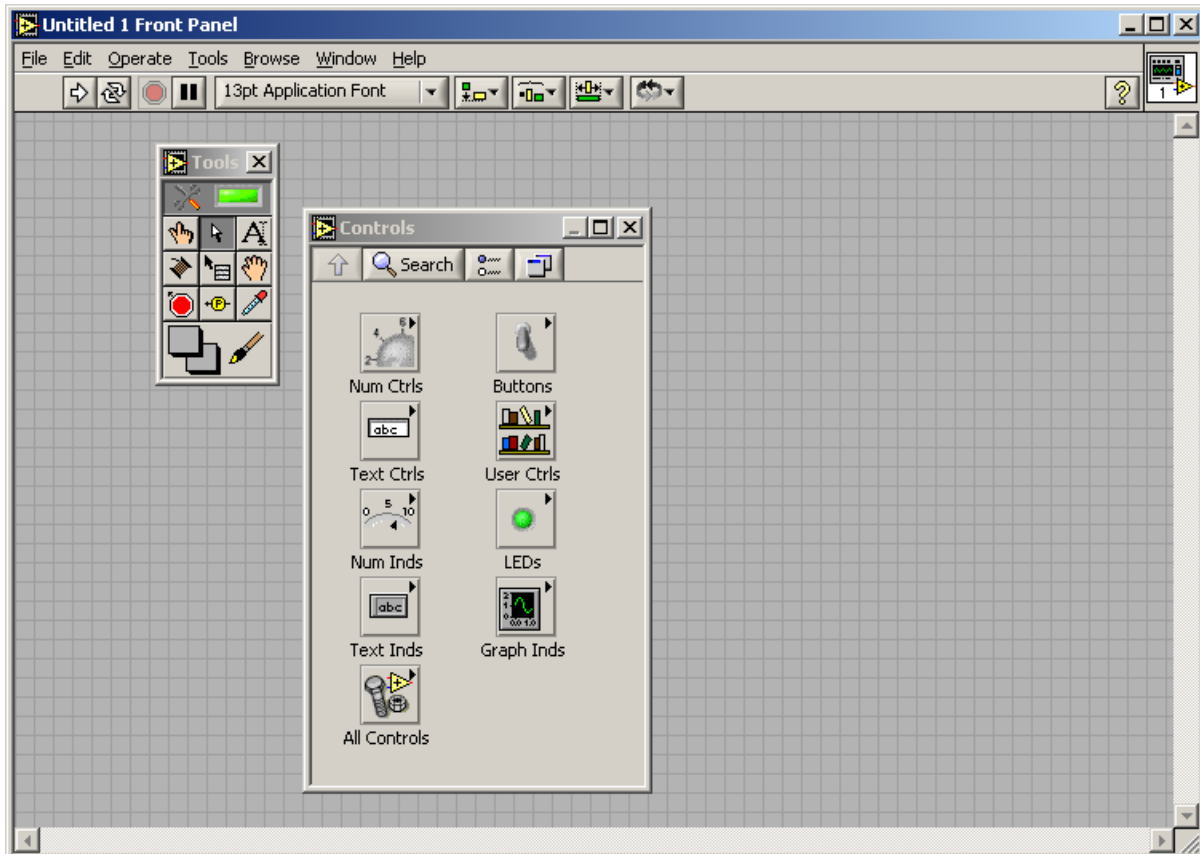
5.2 ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ

Το LabVIEW αποτελείται από τρία βασικά μέρη :

- Εικονικό παράθυρο ή παράθυρο γραφικών (front panel)
- Διάγραμμα βαθμίδων (block diagram)
- Τις παλέτες εργαλείων και ελέγχου.

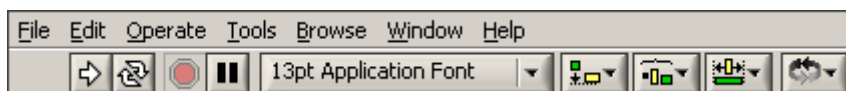
Το front panel αποτελεί το τμήμα εκείνο όπου ο χρήστης αναγνωρίζει τις εισόδους και εξόδους του προγράμματος. Το front panel μοιάζει με την όψη ενός πραγματικού οργάνου, όπου έχουμε στην διάθεσή μας πλήκτρα, διακόπτες, οθόνες γραφικών κ.α.. Τα ίδια ακριβώς αντικείμενα περιέχονται και στο front panel του LabVIEW και τα διακρίνουμε σε στοιχεία εισόδου και εξόδου.

Το front panel ενός VI προσομοιώνει την εικόνα ενός φυσικού οργάνου και είναι αυτό που μας συνδέει με τον κωδικό του VI. Τα στοιχεία του front panel παίρνουν τιμές με την βοήθεια του ποντικιού ή του πληκτρολογίου. Στο σχήμα 5.1 μπορούμε να δούμε ένα παράδειγμα εμπρόσθιου πλαισίου, όπου φαίνονται και οι παλέτες Εργαλείων και Ελέγχου.



Σχήμα 5.1 Εμπρόσθιο πλαίσιο (*front panel*)

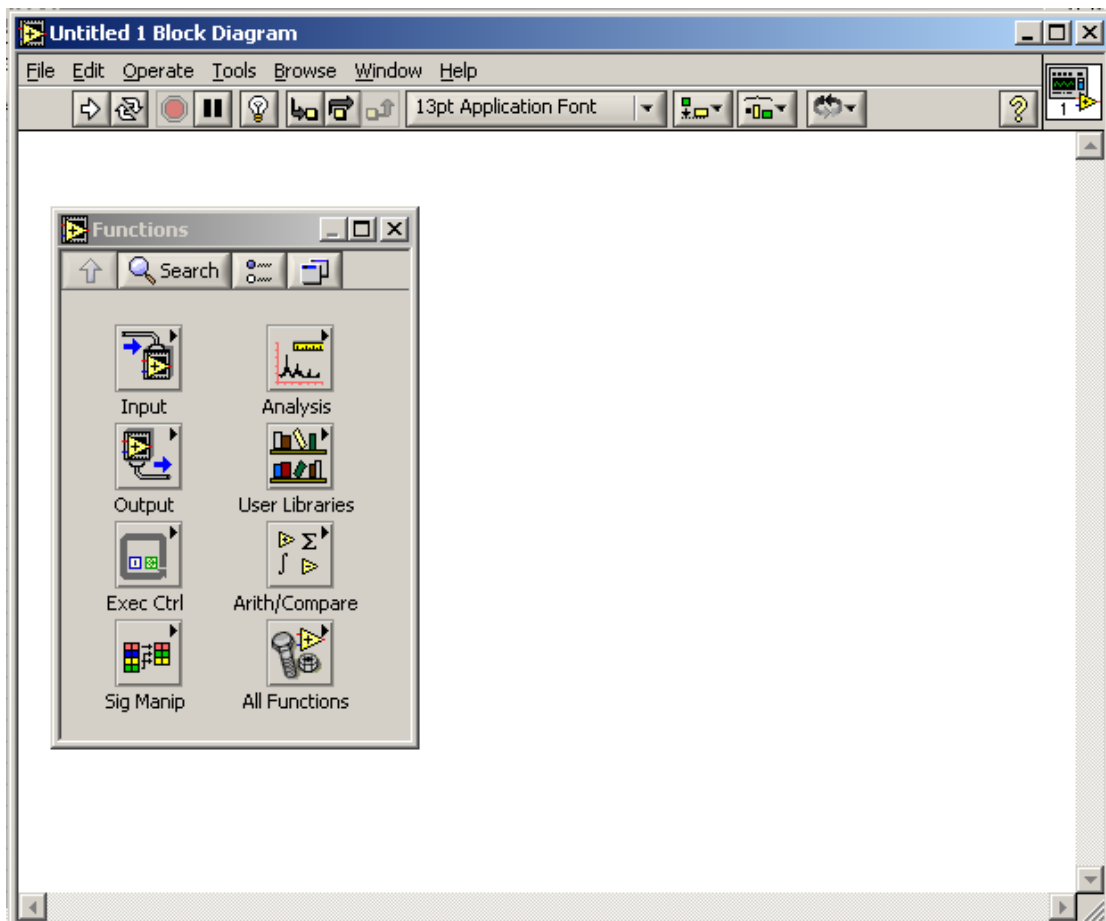
Το front panel διαθέτει εργαλεία τα οποία χρησιμοποιούμε για να ελέγχουμε την λειτουργία των VIs. Τα παρακάτω εργαλεία υπάρχουν στην κορυφή του front panel. Επίσης στο front panel θα παρατηρήσουμε και τις παλέτες Εργαλείων και Ελέγχου. Στην παλέτα Εργαλείων θα βρούμε εργαλεία με τα οποία μπορούμε να σχεδιάσουμε και να αλλάξουμε τα VIs. Στην παλέτα Ελέγχου μπορούμε να βρούμε εικονίδια που χρησιμοποιούμε στο front panel όπως οθόνες απεικόνισης, περιστροφείς, κουμπιά, ενδείκτες, λυχνίες, διακόπτες, οθόνες γραφικών κ.α..



Σχήμα 5.2 Εργαλεία του *front panel*

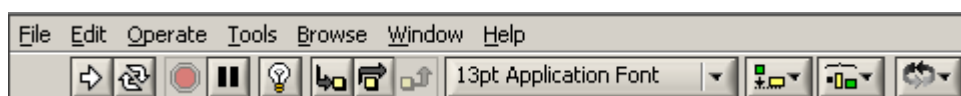
Το block diagram το οποίο είναι ο κωδικός του VI συνοδεύεται πάντα μαζί με ένα front panel. Κατασκευάζουμε τον κωδικό με την βοήθεια της γραφικής γλώσσας

προγραμματισμού G. Κάθε στοιχείο του block diagram παριστάνεται από ένα εικονίδιο. Ένα κουμπί μπορεί να είναι μια μεταβλητή που να παίρνει τιμές TRUE / FALSE ή μια μεταβλητή διπλής ακρίβειας για εισαγωγή δεδομένων. Μια συνάρτηση έχει το δικό της εικονίδιο, το ίδιο και κάθε ολοκληρωμένη λειτουργία. Στο σχήμα 5.3 μπορούμε να δούμε την μορφή που έχει ένα block diagram καθώς και την παλέτα Λειτουργιών.



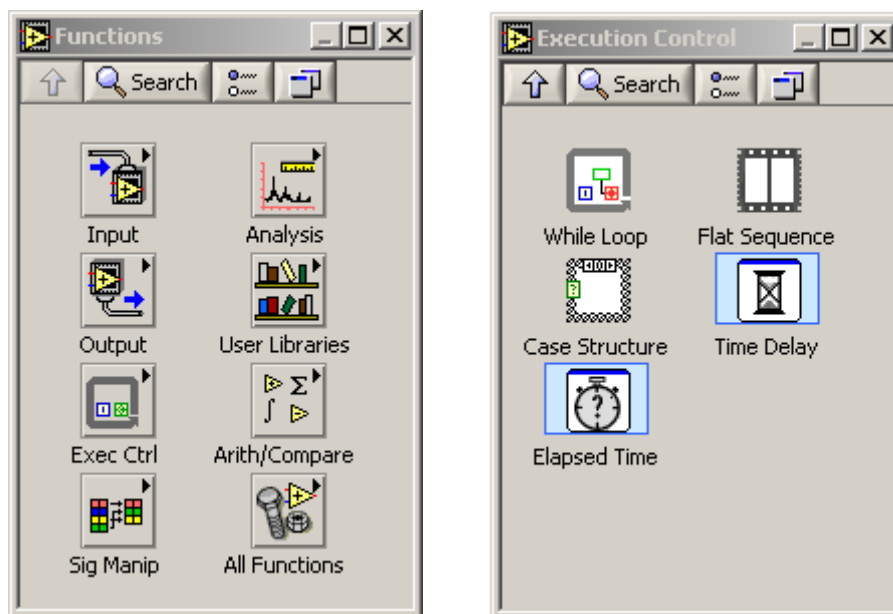
Σχήμα 5.3 Δομικό Διάγραμμα (block diagram)

Όπως το front panel έτσι και το block diagram διαθέτει εργαλεία τα οποία χρησιμοποιούμε για να ελέγχουμε την λειτουργία των VIs. Τα παρακάτω εργαλεία υπάρχουν στην κορυφή του block diagram.



Σχήμα 5.4 Εργαλεία του block diagram

Όταν μεταβαίνουμε από το παράθυρο του front panel στο παράθυρο του block diagram η παλέτα Ελέγχου μετατρέπεται σε παλέτα Λειτουργιών. Εκεί μπορούμε να βρούμε εικονίδια για απλές αριθμητικές λειτουργίες, όπως αφαίρεση, πρόσθεση κλπ, εικονίδια μεταβλητών, πινάκων, συγκρίσεων, μετατροπών, εικονίδια για την δημιουργία αρχείων, εικονίδια συναρτήσεων, εικονίδια προγραμματιστικών δομών, όπως FOR LOOP, WHILE LOOP, Sequence κλπ. Και τέλος εικονίδια για χρήση διαφόρων πρωτοκόλλων επικοινωνίας ή συγκεκριμένων έτοιμων οργάνων. Πρόκειται για την βιβλιοθήκη προγραμματισμού της γλώσσας G.



Σχήμα 5.5 Παλέτα λειτουργιών και περιεχόμενα της βιβλιοθήκης Execution Control

Στο σχήμα 5.5 δείχνουμε το περιεχόμενο των λειτουργιών Execution Control, όπου ανάμεσα στις απλές δομές FOR LOOP και WHILE LOOP υπάρχουν και άλλες πιο σύνθετες.

5.3 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΔΟΜΕΣ

Οι προγραμματιστικές δομές (structures) είναι ο πιο σημαντικός τύπος εκτέλεσης ροής σε ένα VI, όπως οι δομές ελέγχου σε μια γλώσσα προγραμματισμού. Χρησιμοποιούνται όταν θέλουμε να επαναληφθεί μια λειτουργία μέχρις ότου μια συνθήκη χαρακτηριστεί αληθής ή για ένα προκαθορισμένο αριθμό επαναλήψεων εντολών. Το LabVIEW περιλαμβάνει τις δομές :



- While Loop
- For Loop
- Case
- Sequence

Καθώς και τους τύπους μεταβλητών Global και Local Variable και την λειτουργία Formula Node. Αυτές τις δομές μπορούμε να τις βρούμε στην διαδρομή Functions >> Structures.

Για τις δομές While Loop, For Loop, Case και για την λειτουργία Formula Node ο σχεδιασμός τους μέσα στο block diagram γίνεται με τον ίδιο τρόπο ο οποίος είναι ο εξής : Μόλις επιλέξουμε μια από αυτές τις δομές, δεν εισέρχονται αυτόματα στο block diagram, αλλά μας δίνει την δυνατότητα να ορίσουμε το μέγεθος του. Αυτό μπορούμε να το επιτύχουμε πατώντας μια φορά για να ορίσουμε τη μια γωνία του πλαισίου και άλλη μια φορά για την γωνία διαγωνίως στην πρώτη.

While Loop

Η While Loop αποτελείται από δυο ακροδέκτες :

- Τον ακροδέκτη απαρίθμησης (iteration terminal), όπου περιέχει τον αριθμό των επαναλήψεων. 
- Τον υπό συνθήκη ακροδέκτη (conditional terminal), που αποτελεί την είσοδο της δομής. 

Το While Loop εκτελεί τον κώδικα που είναι γραμμένος μέσα στα όρια του, στο τέλος το LabVIEW ελέγχει την τιμή στον υπό συνθήκη ακροδέκτη και αν είναι αληθής τότε επαναλαμβάνουμε την εκτέλεση. Σε αντίθεση περίπτωση, δηλαδή αν η τιμή είναι ψευδής τότε το While Loop σταματάει.



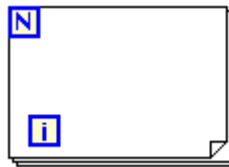
Σχήμα 5.6 Δομή While Loop

For Loop

Η δομή For Loop εκτελεί τον κώδικα που βρίσκεται μέσα στο πλαίσιο που ορίζει και τον επαναλαμβάνει τόσες φορές όσες φορές ορίζουν οι ακροδέκτες N και i. Η For Loop αποτελείται από δυο ακροδέκτες :

- Τον συντελεστή επανάληψης (count terminal) N με τον οποίο ορίζουμε πόσες φορές θα επαναληφθεί η εκτέλεση. **N**
- Τον απαριθμητή (iteration terminal) i, που περιέχει τον αριθμό επαναλήψεων που έχουν γίνει. **i**

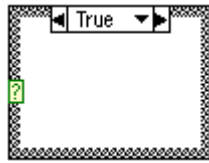
Ο απαριθμητής i στην πρώτη εκτέλεση παίρνει την τιμή 0 και στην τελευταία N-1. Και οι δυο ακροδέκτες είναι ακέραιοι αριθμοί και παίρνουν τιμές από 0 έως $2^{31}-1$.



Σχήμα 5.7 Δομή For Loop

Case

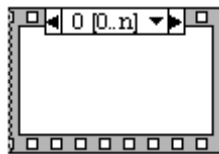
Με την δομή Case εκτελούμε μια συγκεκριμένη συνθήκη, όπως συνθήκη Αν-Τότε-Αλλιώς (if-then-else). Η δομή αποτελείται από έναν δείκτη επιλογής (selector) και έναν δείκτη. Ανάλογα με το είδος των δεδομένων που θέτουμε στον ακροδέκτη επιλογής αλλάζει και ο αριθμός των περιπτώσεων. Αν ο ακροδέκτης δείχνει λογική τιμή τότε οι Cases θα είναι αληθής(True) ή ψευδής(False). Αν ο ακροδέκτης δείχνει αριθμητική τιμή τότε οι Cases μπορεί να είναι έως 215. Κάθε Case έχει το δικό της υποδιάγραμμα, το οποίο τοποθετείται σε ένα σωρό από κάρτες από τις οποίες μόνο μια φαίνεται κάθε φορά. Για να δούμε και τις υπόλοιπες αρκεί να πατήσουμε δεξιά ή αριστερό βελάκι. Κάθε φορά εκτελείται το υποδιάγραμμα το οποίο συμφωνεί με την συνθήκη. Η συνθήκη ορίζεται στον επιλογέα και στην συνέχεια συγκρίνει τους δείκτες των υποδιαγραμμάτων. Αν κάποιος δείκτης συμφωνεί τότε εκτελείται το αντίστοιχο υποδιάγραμμα διαφορετικά εκτελείται το προεπιλεγμένο Case.



Σχήμα 5.8 Δομή Case Structure

Sequence

Μια δομή Sequence αποτελείται από ένα σύνολο πλαισίων (frames). Όταν τοποθετείται στο block diagram έχει μόνο ένα πλαίσιο. Μόλις προστεθούν κι άλλα frames τότε εμφανίζεται ένας δείκτης στην κορυφή του πλαισίου που δείχνει τον αριθμό του πλαισίου που προβάλλεται εκείνη τη στιγμή. Μέσα στις αγκύλες φαίνεται ο συνολικός αριθμός των πλαισίων. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ένα παράδειγμα όπου η δομή αποτελείται από 3 πλαίσια και προβάλλεται το δεύτερο. Η Sequence εκτελεί με τη σειρά όλα τα πλαίσια ξεκινώντας από το μηδέν και τα δεδομένα μπορούν να φύγουν από την δομή μόνο όταν εκτελείται και το τελευταίο πλαίσιο. Για να μπορέσουμε να μεταφέρουμε δεδομένα από το ένα πλαίσιο στο άλλο αρκεί να προσθέσουμε μια τοπική μεταβλητή (Sequence Local) η οποία βρίσκεται στο Pop-Up μενού και επιλέγουμε Add Sequence Local. Η τοπική μεταβλητή συμβολίζεται με ένα κίτρινο κουτάκι και μόλις συνδέσουμε μια πηγή δεδομένων πάνω σ' αυτό εμφανίζεται ένα βελάκι προς τα έξω. Η τοπική μεταβλητή αποθηκεύει την τιμή του control και την μεταφέρει στο επόμενο πλαίσιο, όπου και δείχνει το βελάκι. Στα πλαίσια που δεν θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε την μεταβλητή το αφήνουμε ασύνδετο.



Σχήμα 5.9 Δομή Sequence

Global Variable

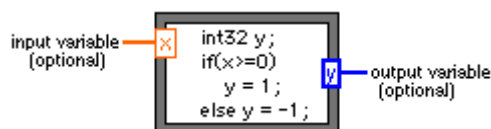
Η Global μεταβλητή χρησιμοποιείται για να εισάγει πλήθος μεταβλητών ως δεδομένα εισόδου μέσα στον κώδικα ενός VI. Η Global μεταβλητή είναι ένα ανεξάρτητο VI με δικό του front panel. Πατώντας αριστερό κλικ πάνω στη μεταβλητή βλέπουμε τις επιλογές Change To Write και Change To Read και τις χρησιμοποιούμε όταν θέλουμε να ορίσουμε αν η μεταβλητή θα διαβάσει ή θα καταχωρήσει την τιμή ενός δεδομένου. Πατώντας διπλό κλικ πάνω στην μεταβλητή ανοίγει αυτομάτως το front panel Global1 και εισάγουμε τους τύπους των μεταβλητών με μορφή αριθμητικών και λογικών control.

Local Variable

Η έννοια της μεταβλητής Local είναι ίδια με τον ορισμό μιας μεταβλητής στις κλασσικές γλώσσες προγραμματισμού. Πατώντας αριστερό κλικ πάνω στη Local μεταβλητή μπορούμε να επιλέξουμε την εντολή Change To Write και Change To Read για το αν θέλουμε να η μεταβλητή να διαβάζει ή να καταχωρεί την τιμή ενός αριθμητικού ή λογικού δεδομένου.

Formula Node

Η Formula Node μας επιτρέπει να εκτελούμε αλγεβρικές εξισώσεις χρησιμοποιώντας σύνταξη παρόμοια με άλλες γλώσσες προγραμματισμού. Χρησιμοποιούμε εισόδους και εξόδους με τις επιλογές Add Input και Add Output από το Pop-up μενού, αντίστοιχα. Αν θέλουμε να αλλάξουμε τις εισόδους σε εξόδους και το αντίστροφο επιλέγουμε από το Pop-up τις επιλογές Change To Input και Change To Output, αντίστοιχα. Με την βοήθεια του εργαλείου labeling εισάγουμε την σύνταξη στη δομή κλειδώνοντας κάθε γραμμή με ερωτηματικό σύμβολο.



Σχήμα 5.10 Δομή Formula Node

Shift Register

Ένα σημαντικό εργαλείο που χρησιμοποιείται κυρίως στις δομές For και While είναι οι Shift Register. Ένας Shift Register είναι ένα στοιχείο μνήμης και το χρησιμοποιούμε για να αποθηκεύουμε δεδομένα. Για να κατασκευάσουμε ένα Shift Register κάνουμε δεξί κλικ στο περίγραμμα της δομής και επιλέγουμε Add Shift Register. Αποτελείται από δυο ακροδέκτες : ο δεξιός ακροδέκτης αποθηκεύει τα στοιχεία στο τέλος της επανάληψης και τα στοιχεία μεταφέρονται στον αριστερό ακροδέκτη τα οποία στη συνέχεια είναι διαθέσιμα για την επόμενη επανάληψη. Ένας Shift Register έχει την ικανότητα να θυμάται τιμές από προηγούμενες επαναλήψεις. Κάνοντας δεξί κλικ πάνω στο αριστερό περίγραμμα της δομής έχουμε την δυνατότητα να προσθέσουμε κι άλλους ακροδέκτες για να μπορούμε να έχουμε πρόσβαση σε αποτελέσματα προηγούμενων επαναλήψεων.



Σχήμα 5.11 *Shift Register*

5.4 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ

ΠΙΝΑΚΕΣ

Ένας πίνακας αποτελείται από στοιχεία ίδιου τύπου. Μπορεί να έχουμε πίνακες πολλαπλών διαστάσεων όπου κάθε διάσταση μπορεί να περιέχει έως 2^{31} στοιχεία οποιουδήποτε τύπου. Για να έχουμε πρόσβαση σε κάποιο στοιχείο του πίνακα, πρέπει να γνωρίζουμε την ακριβή θέση του. Αυτό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια του δείκτη θέσης του στοιχείου. Για να κατασκευάσουμε έναν πίνακα πρέπει να γίνουν τα εξής βήματα :

1. Επιλέγουμε έναν <<πίνακα κέλυφος>> από την παλέτα πινάκων και συστάδων και το τοποθετούμε οπουδήποτε πάνω στο front panel.
2. Στη συνέχεια πατάμε δεξί κλικ πάνω στο άδειο κέλυφος, επιλέγουμε το είδος δεδομένων και τοποθετούμε το αντικείμενο πάνω στο κέλυφος.

Στους δι-διάστατους πίνακες θα πρέπει να έχουμε δυο δείκτες θέσης, έναν για την σειρά και έναν για την στήλη. Για να προσθέσουμε διαστάσεις σε έναν πίνακα πατάμε δεξί κλικ πάνω στο αντικείμενο και επιλέγουμε Add Dimension.

Ένας άλλος τρόπος για να δημιουργήσουμε πίνακες είναι με τις δομές For και While. Αν κάνουμε δεξί κλικ στα άκρα των δομών μπορούμε να επιλέξουμε την ιδιότητα αυτόματος δείκτης (Add Indexing). Με αυτή την ιδιότητα σε κάθε επανάληψη της δομής For Loop δημιουργείται και ένα νέο στοιχείο και στο τέλος της εκτέλεσης τα στοιχεία του πίνακα περνούν εκτός δομής. Όταν συμβαίνει αυτό, το πάχος της σύνδεσης αλλάζει. Αν δεν θέλουμε να μεταφέρουμε ολόκληρο τον πίνακα αλλά μόνο το τελευταίο στοιχείο κάνουμε δεξί κλικ πάνω στο τούνελ και επιλέγουμε Disable Indexing όπου απενεργοποιούμε την ιδιότητα αυτόματου δείκτη και το πάχος της σύνδεσης επανέρχεται όπως ήταν αρχικά.

Τις λειτουργίες των πινάκων μπορούμε να τις δούμε πηγαίνοντας στην παλέτα των πινάκων (Array). Οι πιο βασικές λειτουργίες είναι οι εξής :

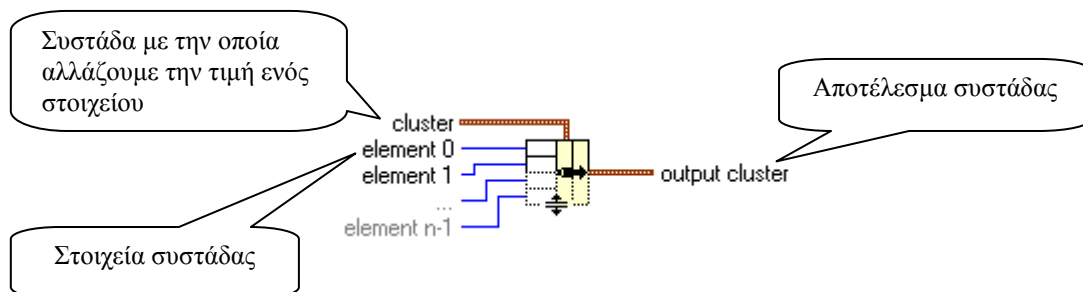
- Ευρετήριο Πίνακα με την οποία έχουμε πρόσβαση στα στοιχεία του πίνακα.
- Μέγεθος Πίνακα η οποία προβάλλει τον αριθμό των στοιχείων ενός πίνακα.
- Αρχικοποίηση Πίνακα η οποία εισάγει σε έναν πίνακα με συγκεκριμένη τιμή.
- Μέγιστο Ελάχιστο η οποία αναζητά τη μέγιστη και ελάχιστη τιμή σε έναν αριθμητικό πίνακα και επιστρέφει τον δείκτη ή τους δείκτες όπου βρίσκονται.

- Πίνακες σε Συστάδα(Cluster) η οποία μετατρέπει έναν 1D πίνακα σε μια συστάδα του ίδιου τύπου με τα στοιχεία του πίνακα. Την αντίστροφη διαδικασία την πραγματοποιεί η λειτουργία Συστάδα σε Πίνακα.
- Αντικατάσταση Ενός Στοιχείου του Πίνακα η οποία αντικαθιστά το στοιχείο του πίνακα που δηλώνει ο δείκτης με το νέο στοιχείο.

ΣΥΣΤΑΔΕΣ(CLUSTER)

Μια συστάδα έχει την δυνατότητα να ομαδοποιεί δεδομένα διαφορετικών τύπων σε ένα μόνο αντικείμενο. Η λειτουργία BUNDLE συγκεντρώνει τις παραμέτρους προς απεικόνιση σε ένα γράφημα. Οι βασικές δομές συστάδων είναι δυο:

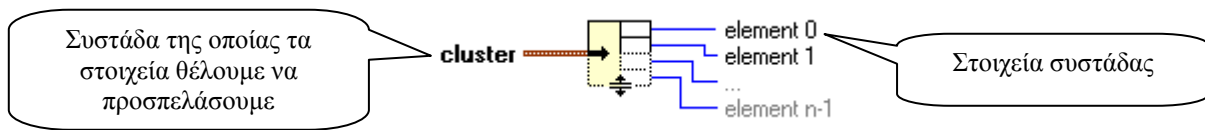
- Η BUNDLE η οποία ομαδοποιεί στοιχεία σε μια έξοδο. Για αν προσθέσουμε παραπάνω εισόδους αρκεί να επιλέξουμε την εντολή Add Element από το Pop-up μενού. Τα στοιχεία σε μια BUNDLE αριθμούνται από την κορυφή της εισόδου, δηλαδή το στοιχείο μηδέν θα βρίσκεται στην κορυφή. Εκτός από τις εισόδους που βρίσκονται στα αριστερά υπάρχει και μια μεσαία είσοδος με την οποία μπορούμε να αλλάζουμε την τιμή ενός στοιχείου χωρίς να επηρεάσουμε τα υπόλοιπα στοιχεία της συστάδας.



Σχήμα 5.12 Λειτουργία Bundle

- Η UNBUNDLE η οποία διαχωρίζει τα στοιχεία από μια συστάδα. Η σειρά με την οποία τοποθετούνται τα στοιχεία στην έξοδο είναι ακριβώς η ίδια με την οποία τοποθετήθηκαν στην συστάδα, δηλαδή το στοιχείο μηδέν της συστάδας θα είναι στην κορυφή της εξόδου της UNBUNDLE. Όσες εισόδους ορίσουμε τότες θα πρέπει να είναι και οι εξοδοί στην συστάδα. UNBUNDLE γιατί αλλιώς η σύνδεση θα φαίνεται σπασμένη. Όπως και στην συστάδα BUNDLE

έτσι κι εδώ προσθέτουμε εξόδους με την εντολή Add Element από το Pop-up μενού.



Σχήμα 5.13 Λειτουργία Unbundle

ΑΛΦΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ

Μια ακολουθία χαρακτήρων(strings) είναι μια συλλογή ASCII χαρακτήρων. Το LabVIEW πριν την αποθήκευση του VI σε αρχείο μετατρέπει τους αριθμούς σε χαρακτήρες. Για να εισάγουμε χαρακτήρες στο control κειμένου αρκεί να επιλέξουμε το εργαλείο ονοματοθέτησης(Labeling Tool). Για να μεγαλώσουμε το χώρο του control κειμένου μεγαλώνουμε το μέγεθός του με το εργαλείο θέσης και σε περίπτωση που χρειαζόμαστε περισσότερο χώρο δημιουργούμε κυλιόμενη μπάρα από το Pop-up μενού >>Visible Items>>Scrollbar. Το Scrollbar ενεργοποιείται μόνο όταν το control κειμένου έχει ύψος 3 γραμμών και άνω.

Από το Pop-up μενού μπορούμε επίσης να επιλέξουμε και τον τύπο των χαρακτήρων που θα εισάγουμε στο control κειμένου. Υπάρχουν τρεις τύποι χαρακτήρων

- Εμφάνιση Κώδικα (Password Display), ο οποίος χρησιμοποιείται για να εισάγουμε χαρακτήρες με μορφή “*”. Ο κώδικας είναι χρήσιμος όταν θέλουμε να μην υπάρχει πρόσβαση στο VI από τον καθένα.
- Μη Εμφανείς Χαρακτήρες (Code Display). Με την επιλογή αυτή οι μη εμφανείς χαρακτήρες όταν θα βγούμε από το control κειμένου. Για παράδειγμα το Enter παρουσιάζεται ως \n και το Space ως \s.
- Δεκαεξαδική Μορφή (Hex Display).Οι χαρακτήρες εμφανίζονται σε δεκαεξαδική Μορφή.

Παρακάτω αναφέρονται μερικές βασικές λειτουργίες των Χαρακτήρων:

- Τοποθέτηση Χαρακτήρων σε Σειρά με την οποία συνδέουμε τους χαρακτήρες σε μορφή ενός μονοδιάστατου πίνακα.
- Εύρεση και Αντικατάσταση Χαρακτήρα με την οποία επιλέγουμε έναν χαρακτήρα που ορίζεται από τον δείκτη του πίνακα και τον αντικαθιστά με το νέο.
- Αντιστροφή Χαρακτήρων η οποία αντιστρέφει τους χαρακτήρες μια σειράς.
- Περιστροφή Χαρακτήρων κατά μια Θέση η οποία τοποθετεί τον πρώτο χαρακτήρα της σειράς στην τελευταία θέση μετατοπίζοντας τους υπόλοιπους χαρακτήρες μια θέση μπροστά.
- Μήκος Χαρακτήρων η οποία επιστρέφει τον αριθμό των χαρακτήρων από μια σειρά.
- Μετατροπή Κεφαλαίων Χαρακτήρων Σε Πεζούς η οποία μετατρέπει όλους τους κεφαλαίους αλφαριθμητικούς χαρακτήρες σε πεζούς. Η αντίστροφη λειτουργία είναι η Μετατροπή Πεζών Χαρακτήρων Σε Κεφαλαία.

ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ

Ένα γράφημα είναι μια δι-διάστατη απεικόνιση ενός ή περισσότερων κυματομορφών. Στο LabVIEW υπάρχουν δυο διαφορετικοί τύποι γραφημάτων. Γραφήματα XY τα οποία απεικονίζουν ένα διάνυσμα X ως προς ένα διάνυσμα Y και τα γραφήματα κυματομορφών όπου θεωρείται ότι ο άξονας X είναι ο άξονας του χρόνου. Όταν τοποθετούνται στ front panel οι άξονες είναι βαθμολογημένοι με προεπιλεγμένη τιμή η οποία μπορεί να αλλάξει με το εργαλείο ονοματοθέτησης. Μπορούν όμως και να βαθμολογηθούν αυτόματα οι άξονες X-Y επιλέγοντας από το Pop-up>>X scale>>Autoscale X και παρόμοια για τον άξονα Y. Επίσης υπάρχουν και τα 3D γραφήματα για τρισδιάστατη απεικόνιση του γραφήματος. Παρακάτω θα παρουσιάσουμε τα τρία γραφήματα που χρησιμοποιούνται περισσότερο στις εφαρμογές του LabVIEW:

- Γραφήματα Charts: Τα Γραφήματα Charts αποτελούνται από τριών ειδών διαγράμματα τα οποία μπορούμε να τα επιλέξουμε από το Pop-up μενού>>Advanced>>Update Mode. Τα τρία αυτά είδη γραφημάτων είναι τα εξής:

Ταινίας, όπου η κυματομορφή κυλάει προς τα δεξιά απεικονίζοντας τις νέες τιμές στο δεξί άκρο.

Παλμογράφου, όπου οι τιμές του διαγράμματος ξεκινούν από το αριστερό άκρο και μόλις φθάσουν στο δεξί άκρο ξεκινάει καινούριο διάγραμμα από τα αριστερά.

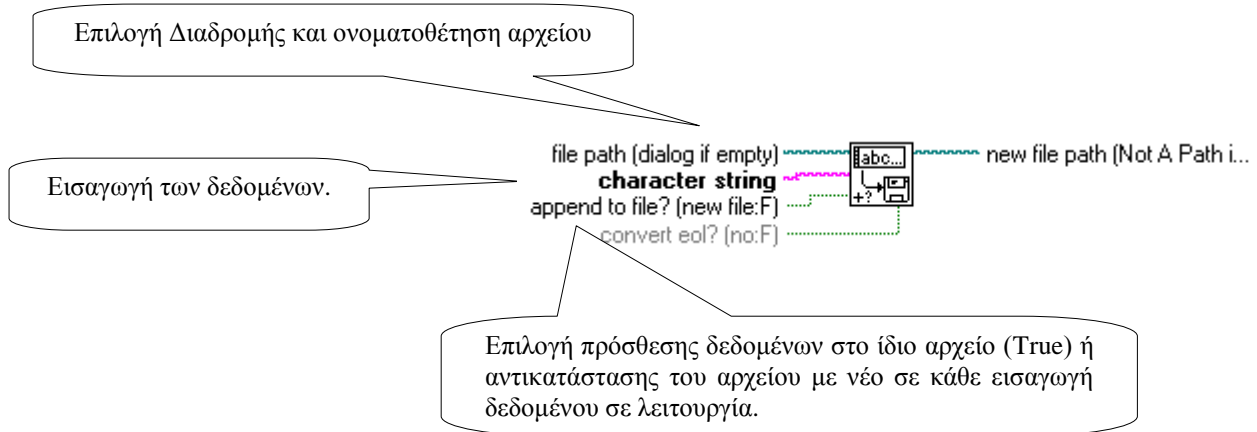
Σάρωση, όπου έχουμε την δυνατότητα να ορίσουμε από πιο σημείο του διαγράμματος θα ξεκινήσει η απεικόνιση των νέων τιμών.

- Γραφήματα Graphs: Έχουμε δυο ειδών γραφήματα Graphs: Waveforms Graphs τα οποία σχεδιάζουν γραφήματα κυματομορφών από πίνακες με ομοιόμορφα σημεία.
XY Graphs τα οποία σχεδιάζουν καρτεσιανά γραφήματα.
- Γραφήματα κυματομορφής: Για να δημιουργηθούν γραφήματα κυματομορφών ένα διάνυσμα θα πρέπει να μπορεί να συνδεθεί απευθείας σε ένα γράφημα με την προϋπόθεση ότι ο Άξονας X θα ισούται με το μηδέν και θα έχουμε διαβάθμιση ίσον με ένα.

ΑΡΧΕΙΑ

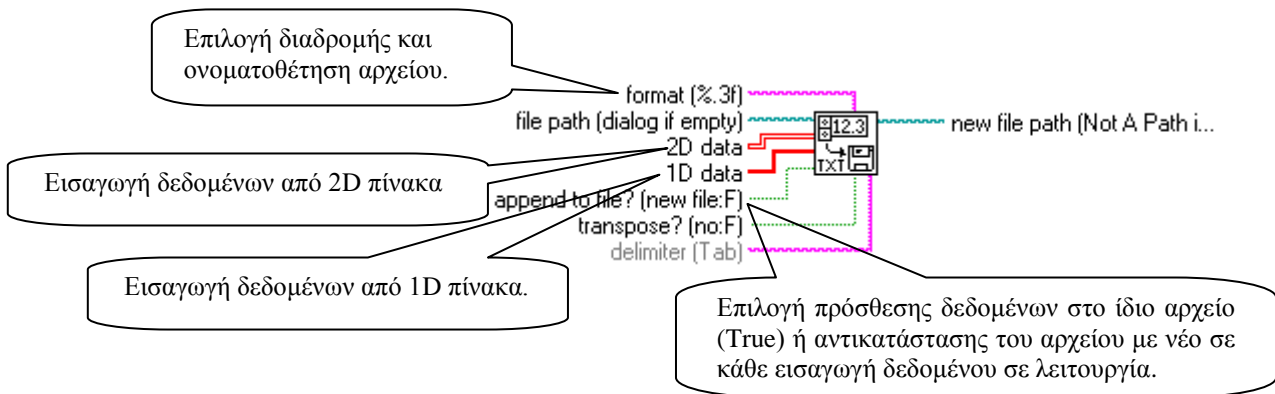
Στην παρακάτω εικόνα μπορούμε να δούμε την παλέτα Λειτουργιών Αρχείων Εισόδου/Εξόδου με την οποία έχουμε την δυνατότητα εγγραφής και ανάγνωσης δεδομένων με μορφή χαρακτήρων και λογιστικού φύλλου.

- **Εγγραφή σε Αρχείο** : Για την εγγραφή σε αρχείο χρησιμοποιούμε τη λειτουργία **Write Characters To File**, η οποία γράφει ένα string χαρακτήρων σε ένα καινούριο αρχείο ή το προσθέτει σε ένα υπάρχον αρχείο. Το VI ανοίγει ή δημιουργεί το αρχείο πριν την εγγραφή του και το κλείνει μετά από αυτήν. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το εικονίδιο αυτής της λειτουργίας.



Σχήμα 5.14 Λειτουργία Write Characters To File

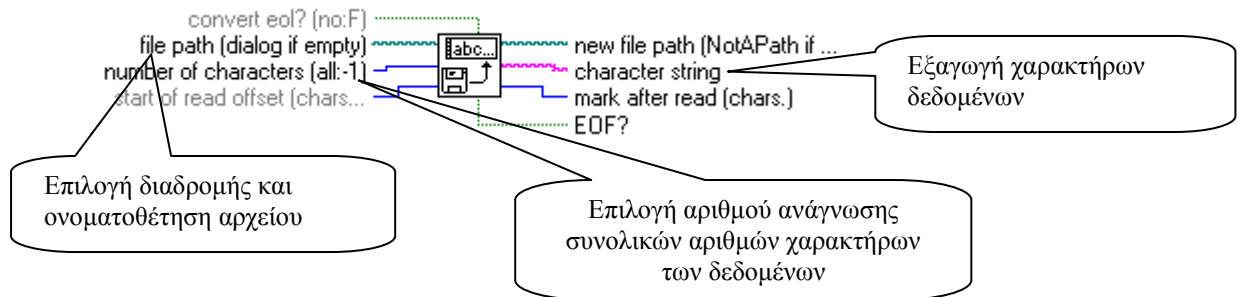
Επίσης μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη λειτουργία **Write To Spreadsheet File** για την εγγραφή δεδομένων σε αρχείο λογιστικού φύλλου. Η λειτουργία αυτή ενσωματώνει ένα σύνολο πρόσθετων λειτουργιών για την μετατροπή αριθμητικών δεδομένων σε χαρακτήρες πριν την αποθήκευσή τους. Πρέπει να σημειώσουμε ότι τα δεδομένα στη λειτουργία Write To Spreadsheet File πρέπει να εισάγονται πάντοτε με μορφή πίνακα. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το εικονίδιο αυτής της λειτουργίας.



Σχήμα 5.15 Λειτουργία Write To Spreadsheet File

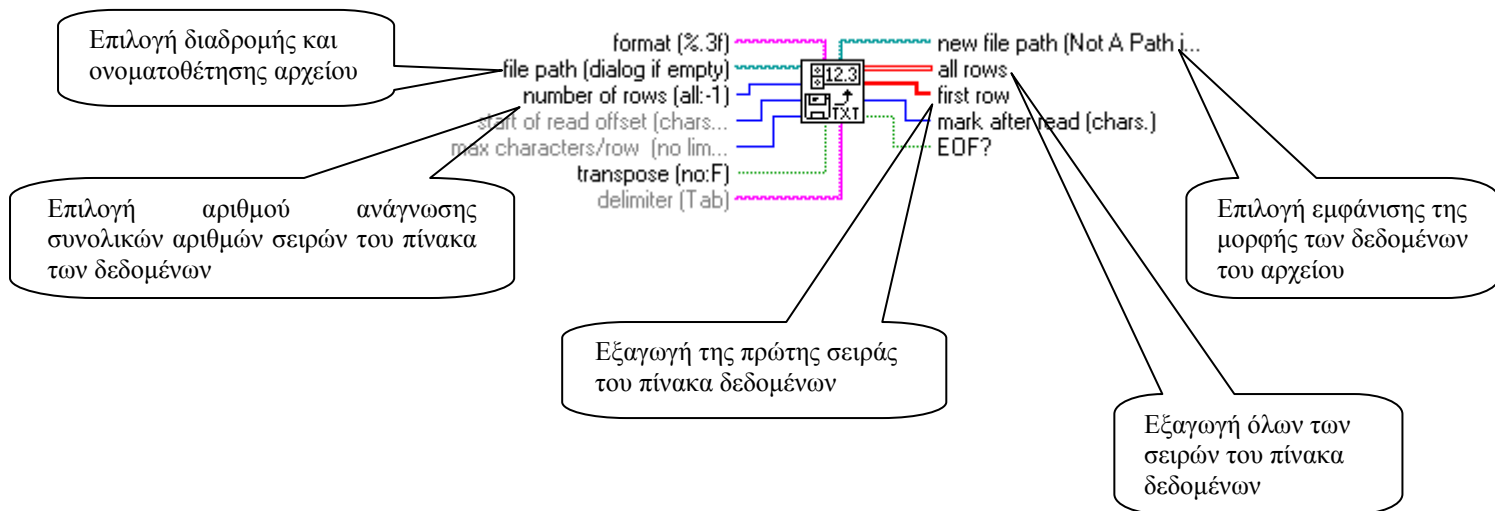
- **Ανάγνωση από αρχείο** : Αντίστοιχα για την ανάγνωση των δεδομένων από ένα αρχείο χρησιμοποιούμε τη λειτουργία **Read Characters From File** με την οποία μπορούμε να διαβάσουμε ένα συγκεκριμένο αριθμό χαρακτήρων

από ένα αρχείο ξεκινώντας από ένα συγκεκριμένο χαρακτήρα. Το VI ανοίγει το αρχείο πριν την ανάγνωσή του και το κλείνει μετά από αυτήν.



Σχήμα 5.16 Λειτουργία Read Characters From File

Επίσης μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη λειτουργία **Read To Spreadsheet File** για την ανάγνωση δεδομένων σε αρχείο λογιστικού φύλλου. Η λειτουργία αυτή ενσωματώνει ένα σύνολο πρόσθετων λειτουργιών για την μετατροπή χαρακτήρων σε αριθμητικά δεδομένα και την ανάγνωση συγκεκριμένων αριθμών γραμμών δεδομένων. Η λειτουργία Read From Spreadsheet File πραγματοποιεί ανάγνωση ανά γραμμή περιλαμβάνοντας τη δομή της Read Characters From File.



Σχήμα 5.17 Λειτουργία Read From Spreadsheet File

ΕΦΑΡΜΟΓΗ 1

ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΗΜΙΤΟΝΟΥ

Σ' αυτήν την εφαρμογή θα παραστήσουμε την γραφική παράσταση του ημιτόνου. Για την υλοποίησή της ακολουθούμε τα εξής βήματα :

Βήμα 1^ο : Στο front panel εισάγουμε από την παλέτα Ελέγχου ένα Waveform Graph που βρίσκεται στην παλέτα των γραφημάτων.

Βήμα 2^ο : Έπειτα πηγαίνουμε στο block diagram και εισάγουμε ένα for loop.

Βήμα 3^ο : Συνδέουμε τον συντελεστή επανάληψης της δομής for με ένα Indicator. Για να γίνει αυτό κάνουμε δεξί κλικ πάνω στον συντελεστή επανάληψης και επιλέγουμε Create>>Indicator.

Βήμα 4^ο : Από την παλέτα με τις αριθμητικές λειτουργίες (Numeric) εισάγουμε το εικονίδιο της διαίρεσης (device) και το εικονίδιο του ημιτόνου, τα οποία τα τοποθετούμε μέσα στην δομή for.

Βήμα 5^ο : Στη μια είσοδο του device συνδέουμε τον απαριθμητή i και στην άλλη την τιμή 5,00. Αυτήν την τιμή την εισάγουμε κάνοντας δεξί κλικ πάνω στην είσοδο του device και επιλέγουμε Create>>Indicator.

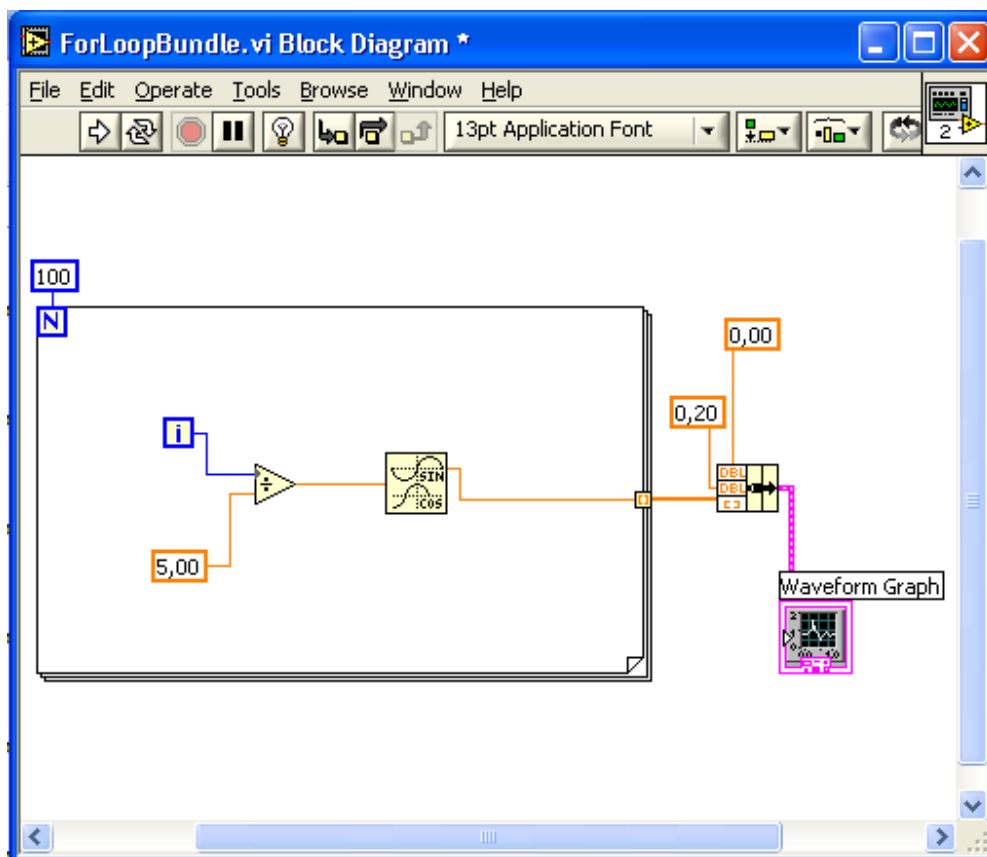
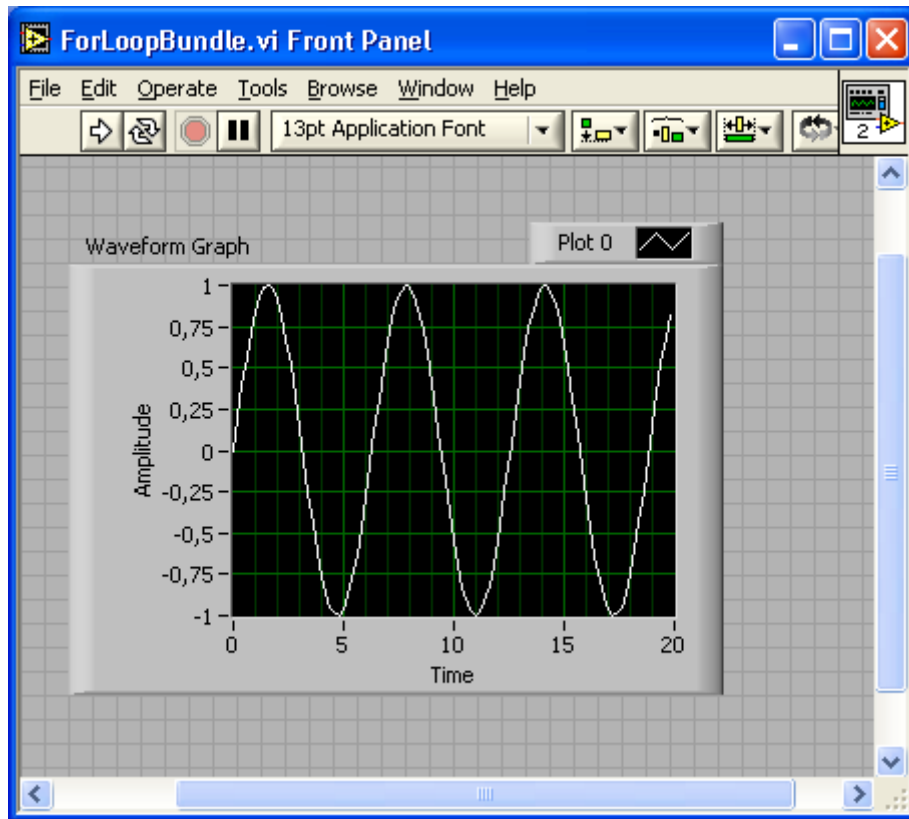
Βήμα 6^ο : Την έξοδο του device την συνδέουμε στην έξοδο του ημιτόνου.

Βήμα 7^ο : Έξω από την δομή for εισάγουμε ένα Bundle του οποίου το μέγεθος το αλλάζουμε για να δέχεται τρεις εισόδους. Στην μια είσοδο θα είναι η έξοδος του ημιτόνου και στις άλλες δυο εισάγουμε τις τιμές 0,0 και 0,2 με έναν Indicator ,οι οποίες είναι το x_0 και Δx αντίστοιχα.

Βήμα 8^ο : Τέλος συνδέουμε την έξοδο του Bundle με το Waveform Graph.

Η εφαρμογή έχει ολοκληρωθεί και έχει την μορφή που φαίνεται στο σχήμα 5.18.

Είμαστε έτοιμοι να τρέξουμε το πρόγραμμά μας πατώντας το κουμπί Run



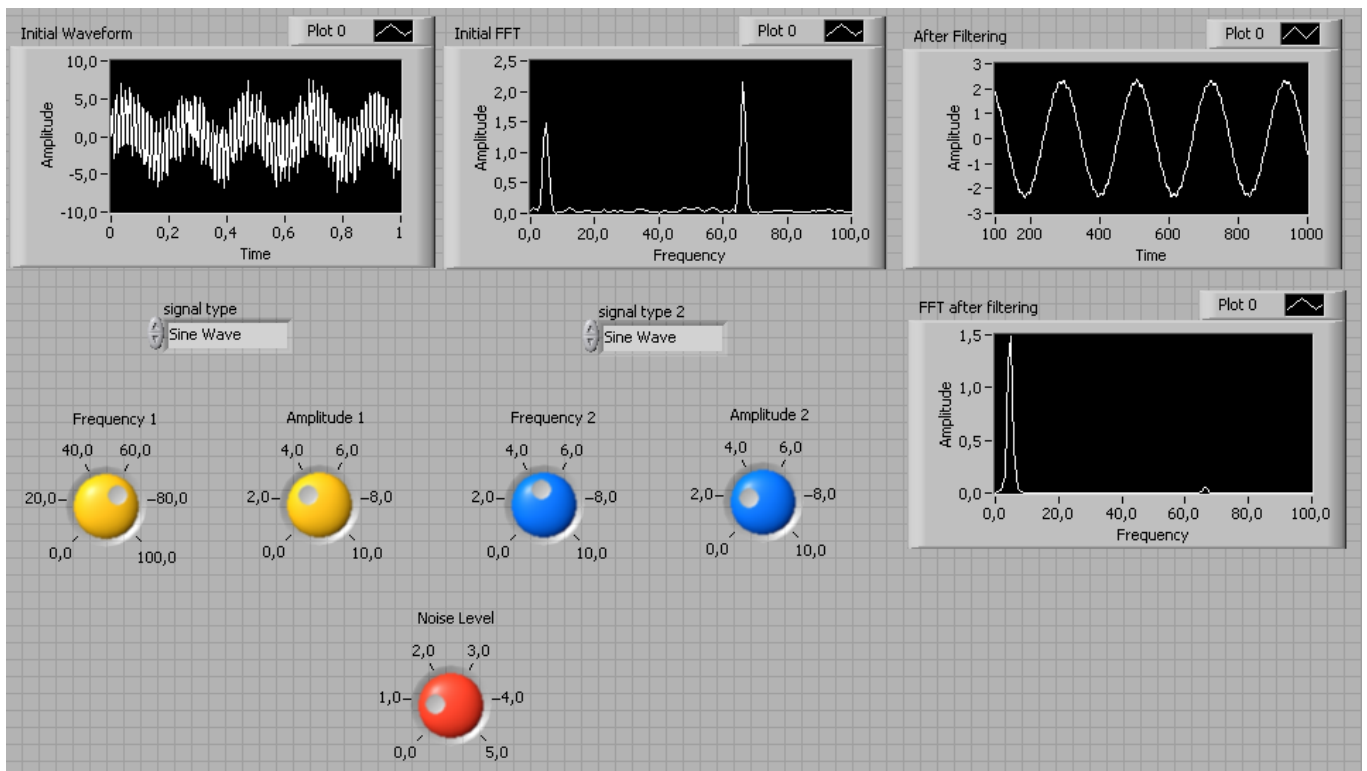
Σχήμα 5.18 Απεικόνιση του front panel και του block diagram για την εφαρμογή της γραφικής παράστασης του ημιτόνου.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ 2

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΥΜΑΤΟΜΟΡΦΩΝ ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΑΤΟΣ

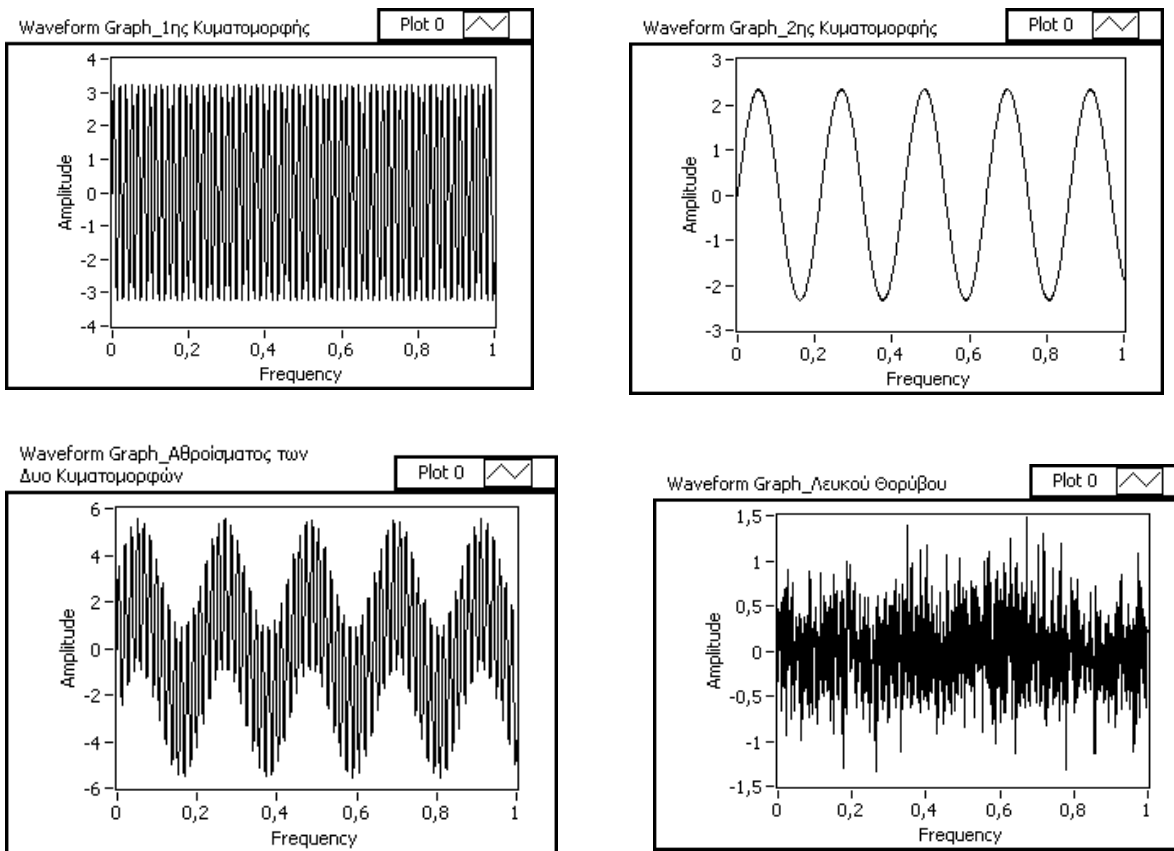
Στην εφαρμογή αυτή θα συλλέξουμε δεδομένα από δυο εικονικές πηγές, γεννήτριες συναρτήσεων, για να παράγουμε δυο κυματομορφές. Στην συνέχεια θα ακολουθήσει μια σειρά από εργασίες ψηφιακής επεξεργασίας σήματος στις οποίες θα αναφερθούμε παρακάτω.

Αρχικά δημιουργούμε το front panel όπως φαίνεται στο σχήμα 5.19. Στο block diagram εισάγουμε το εικονίδιο Basic Function Generator με την βοήθεια του οποίου θα παράγουμε τις δυο κυματομορφές. Μπορούμε να ρυθμίσουμε τη συχνότητα, το πλάτος και επιλέξουμε την μορφή της κυματομορφή(ημιτονική, τριγωνική, τετραγωνική ή πριονωτή). Στην συνέχεια προσθέτουμε τις δυο αυτές κυματομορφές και στην κυματομορφή που προκύπτει προσθέτουμε Λευκό Θόρυβο. Αυτήν την τελευταία κυματομορφή θα την επεξεργαστούμε.



Σχήμα 5.19 Front Panel της εφαρμογής

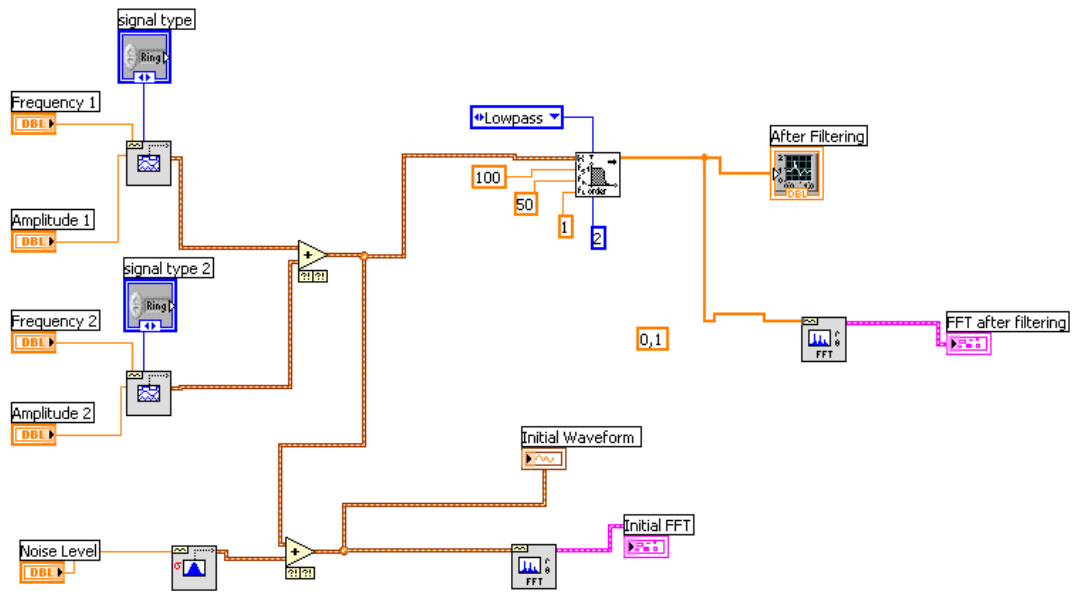
Στα παρακάτω σχήματα βλέπουμε τα γραφήματα της κάθε κυματομορφής, το άθροισμά τους και το γράφημα με την επίδραση του θορύβου.



Σχήμα 5.20 Γραφήματα των κυματομορφών της εφαρμογής

Πρώτον θα την αναπαραστήσουμε σε ένα γράφημα (Initial Waveform). Έπειτα θα εξάγουμε το συχνοτικό της περιεχόμενο με την βοήθεια του εικονιδίου FFT Spectrum και θα το απεικονίσουμε στο γράφημα (Initial FFT).

Δεύτερον θα την συνδέσουμε με το εικονίδιο Butterworth Filter με την βοήθεια του οποίου να δημιουργήσουμε ένα Υψηλοπερατό ή ένα Χαμηλοπερατό ή ένα Ζωνοπερατό Φίλτρο. Στην εφαρμογή μας θα δημιουργήσουμε ένα Χαμηλοπερατό Φίλτρο δίνοντας κατάλληλες τιμές στις παραμέτρους του VI. Αυτό σημαίνει ότι θα περάσουν μόνο οι ταλαντώσεις χαμηλής συχνότητας. Την τελική κυματομορφή του Χαμηλοπερατού Φίλτρου θα την απεικονίσουμε στο γράφημα (After Filtering). Τέλος από αυτήν την τελευταία κυματομορφή του Χαμηλοπερατού Φίλτρου θα εξάγουμε το συχνοτικό της περιεχόμενο στο γράφημα (FFT after filtering). Στο σχήμα 5.21 βλέπουμε το διάγραμμα βαθμίσεων της εφαρμογής.



Σχήμα 5.21 Block Diagram της εφαρμογής

ΕΦΑΡΜΟΓΗ 3

ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟ ΨΗΦΙΑΚΟ ΠΟΛΥΜΕΤΡΟ ΣΕ ΣΕΙΡΙΑΚΗ ΘΥΡΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ

Στην εφαρμογή αυτή θα χρησιμοποιήσουμε την σειριακή θύρα για να μεταδώσουμε δεδομένα στον υπολογιστή από ένα πολύμετρο PROTEK 506, το οποίο διαθέτει θύρα RS-232. Στη συνέχεια τα δεδομένα θα τα επεξεργαστούμε με το LabVIEW.

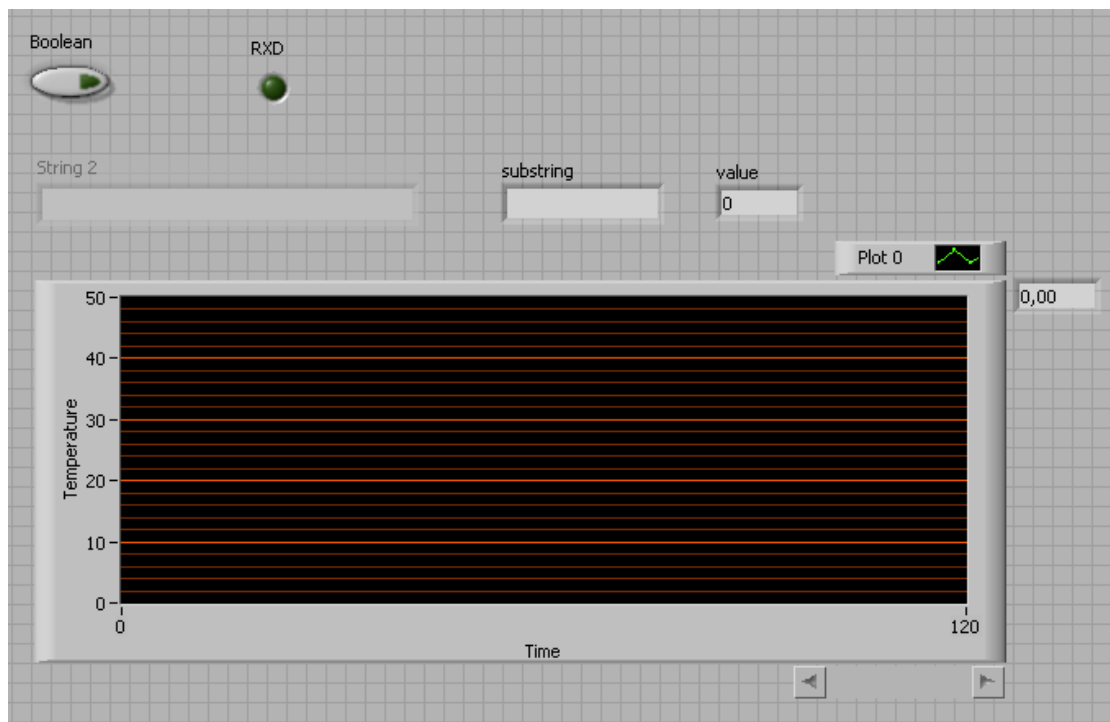
Σχεδιάζουμε το front panel όπως φαίνεται στο σχήμα 5.22. Έπειτα πηγαίνουμε στο block diagram και εισάγουμε την δομή Sequence η οποία αποτελείται από δύο πλαίσια, το 0 και το 1. Στο πλαίσιο 0 της δομής Sequence εισάγουμε το εικονίδιο VISA Configure Serial Port με το οποίο θα θέσουμε σε λειτουργία την σειριακή θύρα. Ορίζουμε και τις παραμέτρους της σειριακής θύρας όπως τις καθορίζει ο κατασκευαστής του πολυμέτρου. Οι παράμετροι είναι: η ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων(baud rate) που είναι 1200, ο αριθμός των εισερχόμενων bit που είναι 7, το None δηλώνει ότι δεν έχουμε bit ελέγχου ισοτιμίας και ο αριθμός των stop bit είναι 2. Επίσης έχουμε ακόμα μια παράμετρο με την οποία ορίζουμε ποια θύρα θα χρησιμοποιήσουμε σε περίπτωση που ο υπολογιστής μας έχει παραπάνω από μια θύρα. Αφού ορίσουμε και τις παραμέτρους της σειριακής θύρας στο πλαίσιο 0 δημιουργούμε το πλαίσιο 1 της δομής Sequence.

Το πλαίσιο της δομής Sequence αποτελείται από άλλα τέσσερα(4) πλαίσια το 0, το 1, το 2 και το 3 . Στο πλαίσιο 0 εισάγουμε τη λειτουργία που χρησιμοποιείται ως χρονικό καθυστέρησης μέσα στον κωδικό. Στην συγκεκριμένη εφαρμογή αφού θέσαμε σε λειτουργία την σειριακή θύρα θέτουμε το πρόγραμμα σε καθυστέρηση 100ms. Στο πλαίσιο 1 ο υπολογιστής αποστέλλει έναν χαρακτήρα π.χ. τον χαρακτήρα d, στο πολύμετρο για να στείλει τα δεδομένα στον υπολογιστή. Με αυτήν την διαδικασία ο υπολογιστής ενημερώνει το πολύμετρο ότι είναι έτοιμος να δεχθεί δεδομένα. Στο πλαίσιο 2 έχουμε άλλη μια χρονική καθυστέρηση 100ms. Στο πλαίσιο 3 το πολύμετρο στέλνει τα δεδομένα της πρώτης μέτρησης στον υπολογιστή μέσω της σειριακής θύρας.

Πιο συγκεκριμένα ο υπολογιστής έχει στείλει τον χαρακτήρα d για να ενημερώσει το πολύμετρο ότι είναι έτοιμος να δεχθεί δεδομένα. Το πολύμετρο αποστέλλει τα δεδομένα της πρώτης μέτρησης στον υπολογιστή. Ο υπολογιστής διαβάζει τα δεδομένα της πρώτης μέτρησης με την βοήθεια του εικονιδίου VISA

Read. Στην έξοδο αυτού του εικονιδίου βλέπουμε τον αριθμό των bytes που διαβαστήκαν. Τα bytes αυτά μαζί με τον κενό χαρακτήρα του αριστερού ακροδέκτη του Shift Register, τον οποίο κενό χαρακτήρα τον βάλαμε για να αρχικοποιήσουμε τον Shift Register, εισάγονται στο εικονίδιο Concatenate Strings για να ενσωματωθούν σε ένα string. Το string αυτό το συνδέουμε με τον ακροδέκτη της δεξιάς πλευράς του Shift Register και μεταφέρονται στον αριστερό ακροδέκτη έτσι ώστε να χρησιμοποιηθούν για την επόμενη επανάληψη. Η διαδικασία θα τερματίσει όταν ένας χαρακτήρας από τα εισερχόμενα bytes που διαβάστηκαν είναι ίσος με τον χαρακτήρα Enter.

Στην συνέχεια ο υπολογιστής θα ξαναστείλει έναν χαρακτήρα στην συσκευή μέτρησης για να την ενημερώσει ότι είναι έτοιμος να δεχθεί τα δεδομένα της δεύτερης μέτρησης. Όλη αυτή η διαδικασία γίνεται για να μην στέλνει το πολύμετρο όλες μαζί τις μετρήσεις και δημιουργηθούν προβλήματα. Έχουμε δηλαδή ένα είδος “χειραψίας”, όπου ο υπολογιστής ενημερώνει το πολύμετρο ότι είναι έτοιμος να δεχθεί δεδομένα και το πολύμετρο στέλνει τα δεδομένα κάθε μέτρησης ώσπου να τα στείλει όλα και να τερματίσει η διαδικασία. Παρακάτω φαίνονται το front panel και το block diagram της εφαρμογής.

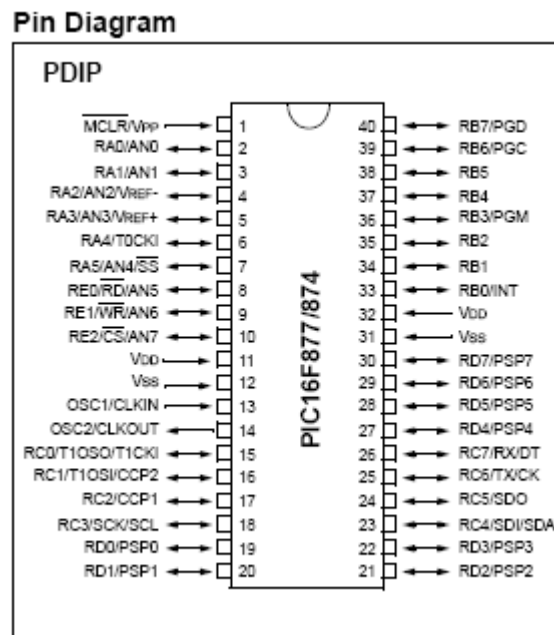


Σχήμα 5.22 Front Panel της εφαρμογής

ΕΦΑΡΜΟΓΗ 4

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΙΚΟΝΙΚΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ ΓΙΑ ΛΗΨΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟ ΚΑΡΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΟΥ ΣΥΝΔΕΕΤΑΙ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΘΥΡΑ

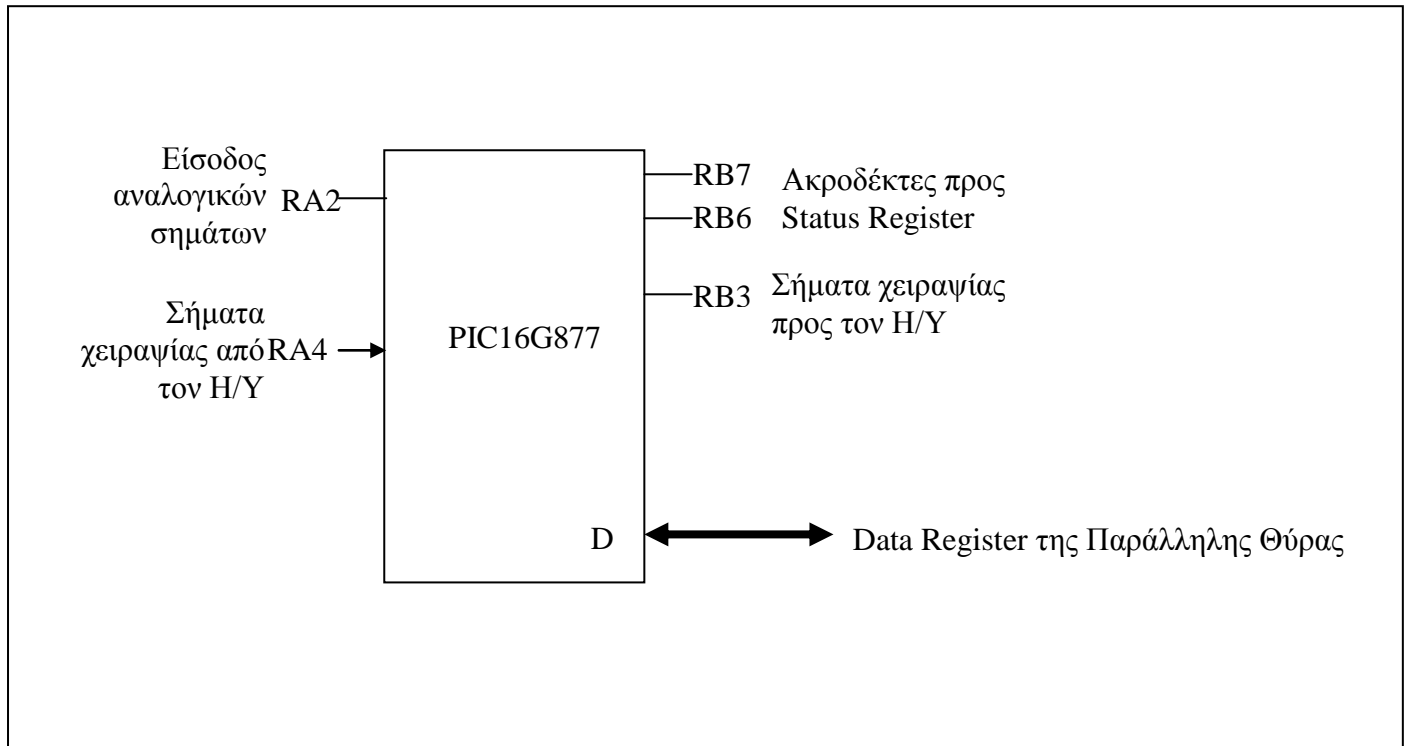
Στην εφαρμογή αυτή θα χρησιμοποιήσουμε την παράλληλη θύρα για μετάδοση δεδομένων προς τον υπολογιστή. Θα χρησιμοποιήσουμε μια γεννήτρια και έναν παλμογράφο από τα οποία θα πάρουμε δεδομένα που θα μεταφερθούν μέσω της παράλληλης θύρας στον υπολογιστή. Η κάρτα μετρήσεων, η οποία έχει μελετηθεί σε προηγούμενη εργασία, στηρίζεται στον μικροελεγκτή PIC16F877 με χρονισμό 20 MHz. Στην εφαρμογή αυτή μελετάμε την αρχιτεκτονική του μικροελεγκτή PIC16F877. Ο μικροελεγκτής PIC16F877 αποτελείται από 40 ακροδέκτες όπως φαίνεται στο σχήμα 5.23.



Σχήμα 5.23 Ακροδέκτες του PIC16F877

Μια σύντομη περιγραφή για τους ακροδέκτες του PIC16F877 που θα χρησιμοποιήσουμε φαίνεται στο σχήμα 5.24. Έχουμε τους ακροδέκτες της θύρας A (PORTA) που χρησιμοποιούνται για είσοδο αναλογικών σημάτων και για να στέλνουν σήματα χειραψίας από τον H/Y. Επίσης έχουμε και τους ακροδέκτες της θύρας B(PORTB) που χρησιμοποιούνται για να στέλνουν σήματα χειραψίας προς τον H/Y και για επικοινωνία με τον Status Register. Τέλος χρησιμοποιούμε και τους ακροδέκτες της θύρας D(PORTD) οι οποίοι συνδέονται στον Data Register της

παράλληλης θύρας. Έχοντας αυτά τα δεδομένα υπόψη κατασκευάζουμε ένα εικονικό όργανο στο LabVIEW για την απόκτηση δεδομένων από την κάρτα προς τον Η/Υ καθώς και ελέγχουμε την κάρτα όταν χρειάζεται. Έτσι λοιπόν μέσω του οδηγού που φτιάχνουμε στο LabVIEW στέλνουμε και λαμβάνουμε σήματα χειραψίας καθώς και δεδομένα μετρήσεων. Αναλυτική περιγραφή του οδηγού αναφέρεται παρακάτω.



Σχήμα 5.24 Σύντομη περιγραφή των ακροδεκτών του PIC16F877

Στην PORTA του μικροελεγκτή έχουμε τρεις ακροδέκτες για αναλογική είσοδο, τρεις για ψηφιακή και δυο ακροδέκτες V_{ref}^+ και V_{ref}^- . Στην PORTA επίσης έχουμε έναν ακροδέκτη, τον ακροδέκτη 6, RA4/TOCKI ο οποίος χρησιμοποιείται για την είσοδο δεδομένων στον PIC16F877. Στην PORTB χρησιμοποιούμε δυο ακροδέκτες, RB6 και RB7, σε περίπτωση που ο A/D είναι δεκάμπιτος για να διαβάσουμε τα δεδομένα και μέσω του STATUS Register να επικοινωνήσει με την παράλληλη θύρα. Στους ακροδέκτες του PORTD λαμβάνονται και διαβάζονται τα δεδομένα όταν τελειώσει η A/D μετατροπή και μέσω του DATA Register πηγαίνουν στην παράλληλη θύρα.

Θα κάνουμε χρήση του A/D modulo του μικροελεγκτή που παρέχει 8 αναλογικά κανάλια. Στην παρούσα εφαρμογή χρησιμοποιούμε τρία από τα 8 αναλογικά κανάλια

για είσοδο. Σημειώνουμε ότι ο A/D είναι δεκάμπιτος και η λειτουργία του περιγράφεται στα σχετικά φύλλα δεδομένων του PIC16F877.

Επίσης χρησιμοποιούμε τους καταχωρητές ADCON0 και ADCON1. Στο σχήμα 5.25 φαίνονται τα bits του καταχωρητή ADCON0.

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0
ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON
bit 7							bit 0

Σχήμα 5.25 Τα bits του καταχωρητή ADCON0

Μέσω των bit6 και bit7 γίνονται 0 και 1 αντίστοιχα ρυθμίζουμε την ταχύτητα της A/D μετατροπής. Με τα bit5, bit4 και bit3 γίνονται 0 και τα τρία επιλέγουμε το κανάλι 0, δηλαδή τον ακροδέκτη 2 του μικροελεγκτή. Το bit2 τίθεται μονάδα μόνο για να αρχίσει η μετατροπή A/D. Σε κάθε άλλη περίπτωση είναι 0. Το bit1 το αφήνουμε κενό. Το bit0 γίνεται μονάδα για να γίνει ON το modulo του PIC16F877.

Ο καταχωρητής ADCON1 δηλώνει τη λειτουργία των ακροδεκτών της θύρας A(Analog input ή digital input/output ή τους ακροδέκτες V_{ref}^+ και V_{ref}^-).

Για την υλοποίηση της εφαρμογής σχεδιάζουμε το front panel και το block diagram όπως φαίνονται στα παρακάτω σχήματα. Ας δούμε το πρόγραμμά μας αναλυτικότερα. Αρχικά κάνουμε τις παραπάνω ρυθμίσεις :

Μπαίνουμε στο BIOS του υπολογιστή και στα Integrated Peripherals δηλώνουμε για την παράλληλη θύρα

- ECP mode που σημαίνει, Extended Capabilities Port
- EPP 1.9 που σημαίνει, Enhanced Parallel Port

Με αυτές τις ρυθμίσεις ενεργοποιούμε τις επιπλέον δυνατότητες της παράλληλης θύρας που επιτρέπουν είσοδο δεδομένων από τον Καταχωρητή Δεδομένων(Data Register).

Αφού κάνουμε αυτές τις ρυθμίσεις μπορούμε να επιλέξουμε διαφορετικούς τρόπους λειτουργίας της παράλληλης θύρας με την βοήθεια ενός καταχωρητή ο οποίος ενεργοποιείται κάνοντας τις παραπάνω ρυθμίσεις. Το όνομα αυτού του καταχωρητή είναι ECR δηλαδή Extended Control Register και βρίσκεται στην διεύθυνση Base + 402h. Η διεύθυνση του Base είναι H378.

Ακολουθεί μια γενική παρουσίαση της εφαρμογής όπου αναλύονται τα βήματα του προγράμματος. Για περισσότερες πληροφορίες ο αναγνώστης θα πρέπει να ανατρέξει και στα σχετικά φύλλα δεδομένων του PIC.

Έχοντας ενεργοποιήσει τον ECR μπορούμε να κάνουμε την παράλληλη θύρα δι-κατευθυντήρια επιλέγοντας “Byte Mode” από τον ECR. Έχοντας επιλέξει αυτόν τον τρόπο λειτουργίας μπορούμε να επιλέξουμε είσοδο ή έξοδο δεδομένων με την βοήθεια του bit5 του Καταχωρητή Ελέγχου(Control Register, CR), ο οποίος όπως έχει αναφερθεί στο κεφάλαιο 3 βρίσκεται στην διεύθυνση 37A.

Πιο συγκεκριμένα όταν το bit5 του CR είναι SET, δηλαδή 1, ο Data Register λειτουργεί για είσοδο, ενώ όταν το bit5 του CR είναι CLEARED, δηλαδή 0, ο Data Register λειτουργεί για έξοδο.

Στην συνέχεια θα περιγράψουμε την εφαρμογή του LabVIEW για την επικοινωνία με τον PIC. Την συγκεκριμένη λειτουργία μπορούμε να την δούμε στα αντίστοιχα πλαίσια της εφαρμογής.

Πρώτα απ’ όλα διαβάζουμε τον ECR από την διεύθυνση BASE+402h και κάνω OR με τον δυαδικό αριθμό 00100000 ώστε να επιλέξουμε Byte Mode για την EPP. Με αυτόν τον τρόπο ενεργοποιούμε την δι-κατευθυντήρια λειτουργία της παράλληλης θύρας, ενώ ταυτόχρονα αφήνουμε ανεπηρέαστα τα υπόλοιπα bits.

Στην συνέχεια κάνουμε RESET τον Μικροελεγκτή PIC αποστέλλοντας ένα σήμα από την παράλληλη θύρα με την βοήθεια του BIT1(AUTO_FEED) του Καταχωρητή Ελέγχου (Control Register). (Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι ο ακροδέκτης AUTO_FEED αντιστρέφεται εσωτερικά).

Διαμορφώνουμε κατάλληλα τον ADCON0 αποστέλλοντας μέσω της παράλληλης θύρας τον αριθμό 01000001.

Για την επικοινωνία ανάμεσα στον PIC και τον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή υλοποιούμε το εξής πρωτόκολλο επικοινωνίας :

1. Το STROBE Bit(ακροδέκτης 1) του Control Register στέλνει σήματα στον PIC και ο PIC τα λαμβάνει από τον ακροδέκτη 6(RA4/TOCKI).
2. Ο PIC στέλνει σήματα στον Ηλεκτρονικό Υπολογιστή από τον ακροδέκτη 37(RB4 του PORTB) και ο Ηλεκτρονικός Υπολογιστής τα διαβάζει μέσω του b3 του STATUS REGISTER(ERROR, ακροδέκτης 15 της παράλληλης).

Το πρωτόκολλο αυτό το υλοποιούμε σε διάφορα σημεία του προγράμματος.

Αρχικά κάνουμε μηδέν(0) το STROBE Bit για να εγγράψω στον PIC το περιεχόμενο του DATA REGISTER στον ADCON0, ο PIC περιμένει σε έναν βρόγχο

να γίνει το TOCKI μηδέν(0). Μόλις λάβει από το STROBE Bit μηδέν(0) βγαίνει από τον βρόγχο διαβάζει το PORTD που συνδέεται στους ακροδέκτες 2-9 της παράλληλης και εγγράφει το PORTD στο ADCON0. Κατόπιν το STROBE Bit γίνεται μονάδα(1)(εγγράφουμε σε αυτόν μηδέν γιατί ο ακροδέκτης STROBE Bit αντιστρέφεται εσωτερικά).

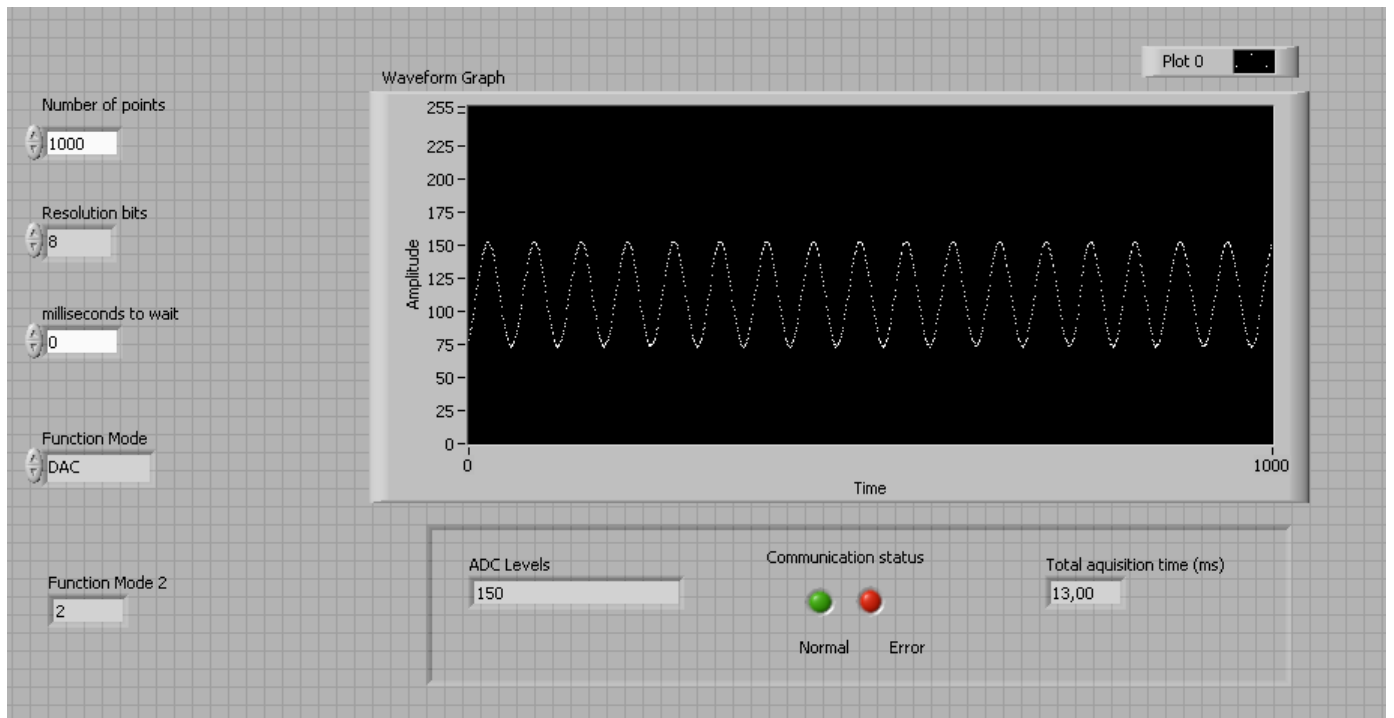
Στη συνέχεια επιλέγουμε την κατάλληλη λειτουργία(ADC, DAC, ADC+DAC). Τα bit του Control Register θα μας βοηθήσουν γι' αυτήν την επιλογή. Διαμορφώνοντας τους ακροδέκτες b2 και b3 του Control Register μπορούμε να έχουμε και την αντίστοιχη λειτουργία. Το $b2 = \overline{INIT}$ και το $b3 = \overline{SELECT_INPUT}$. Εάν έχουμε τον συνδυασμό $\overline{b3} = 1$ και $b2 = 0$, τότε λειτουργεί μόνο ο ADC. Αν $\overline{b3} = 0$ και $b2 = 1$, τότε λειτουργεί μόνο ο DAC. Αν $\overline{b3} = 1$ και $b2 = 1$, τότε έχουμε ταυτόχρονη λειτουργία ADC + DAC. Στην εφαρμογή επιλέγουμε ADC λειτουργία.

Σε όλες τις παραπάνω περιπτώσεις ακολουθεί ενεργοποίηση του STROBE Bit για ενημέρωση του PIC. Δηλαδή ο PIC διαβάζει τους ακροδέκτες 16 και 17 του Control Register, μέσω του STROBE Bit.

Έπειτα η παράλληλη θύρα γίνεται είσοδος, δηλαδή το bit5 του Control Register γίνεται μονάδα(1). Μετά στέλνουμε ένα STROBE Bit στον ακροδέκτη 6 του Μικροελεγκτή PIC για να ξεκινήσει την επόμενη υπορουτίνα.

Τέλος για την εισαγωγή των δεδομένων γίνεται η παρακάτω διαδικασία. Κατ' αρχήν όλα μπαίνουν σε ένα FOR LOOP. Ξεκινάμε κάνοντας μονάδα(1) το STROBE Bit του Control Register, να είναι δηλαδή σε κατάσταση MARK. Διαβάζουμε συνεχώς το b3 του STATUS REGISTER. Μόλις αυτό γίνει μονάδα(1), που σημαίνει ότι ολοκληρώθηκε η A/D μετατροπή από την μεριά του PIC και έχουν εγγραφεί τα δεδομένα στο PORTD, αν ο A/D είναι οχτάμπιτος, φεύγουμε από το WHILE LOOP και διαβάζουμε τα δεδομένα από το ADRESH του PORTD. Αν ο A/D είναι δεκάμπιτος τα άλλα δυο bit θα τα στείλουμε και θα τα διαβάσουμε από το PORTB ADRESL. Μετά ο PIC περιμένει το μηδενισμό του TOCKI(b4, PORTA), που σημαίνει ότι ο Ηλεκτρονικός Υπολογιστής τελείωσε την μετατροπή. Όταν λάβει μηδέν(0) από το STROBE Bit ο PIC ξεκινά νέα μετατροπή, ενώ ο Ηλεκτρονικός Υπολογιστής επιστρέφει στην επόμενη εκτέλεση του FOR LOOP. Περιμένει στο WHILE LOOP μέχρι να λάβει από το b3 του STATUS REGISTER σήμα από τον PIC και η διαδικασία επαναλαμβάνεται.

Παρακάτω φαίνονται το front panel και το block diagram της εφαρμογής.



Σχήμα 5.26 Front Panel της εφαρμογής συλλογής δεδομένων μέσω της παράλληλης θύρας