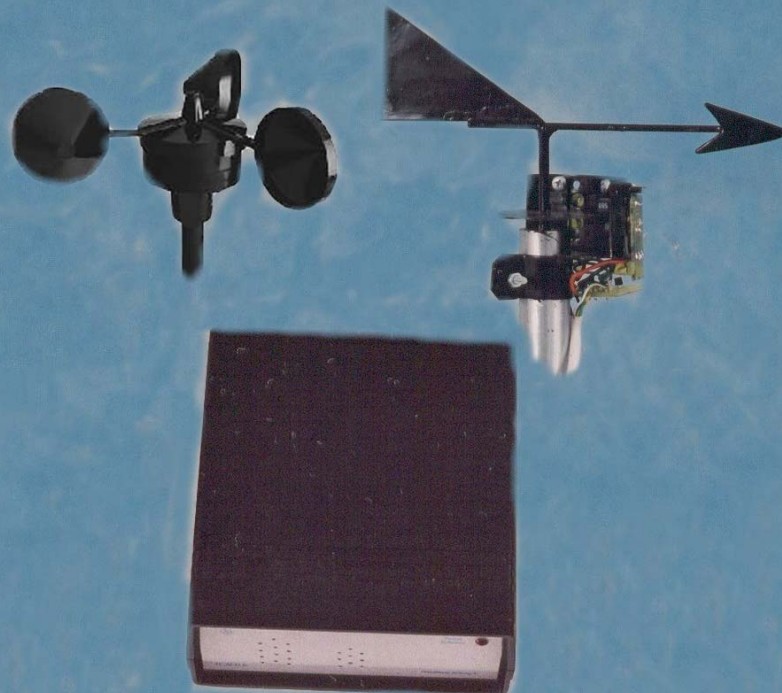


Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ

Πτυχιακή Εργασία



*Αυτόματο Σύστημα Συλλογής
και Αποθήκευσης Μετεωρολογικών Μεγεθών
Ελεγχόμενο από Η/Υ*

Επιμέλεια: Παπαδάκης Ιωάννης

Εισηγητής: Τωμαδάκης Ιωάννης

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος.....	5
Εισαγωγή.....	7
Κεφάλαιο 1^ο : Γενικά στοιχεία για τα Συστήματα Μέτρησης Και Αποθήκευσης Δεδομένων (Data Loggers).....	9
1.1 Συλλογή Δεδομένων.....	9
1.2 Απαιτούμενο Υλικό (Hardware) και λογισμικό (Software) για την υλοποίηση ενός συστήματος Data Logging.....	10
1.3 Η Χρήση των Data Loggers σε μετεωρολογικούς σταθμούς.....	11
Κεφάλαιο 2^ο : Θεωρητική Μελέτη Του Συστήματος	13
2.1 Τα μετρούμενα μετεωρολογικά μεγέθη.....	13
2.2 Περιγραφή του συστήματος.....	16
2.3 Η επιλογή των εξαρτημάτων του κυρίου μέρους.....	18
2.3.1 Ο μικροελεγκτής.....	18
2.3.2 Ο μετατροπέας από αναλογικό σε ψηφιακό (A/D converter ή ADC).....	20
2.3.3 Ο RS-232 Driver/ Receiver.....	21
2.4 Η επιλογή των Αισθητήριων.....	22
2.4.1 Το αισθητήριο θερμοκρασίας.....	23
2.4.2 Το αισθητήριο Υγρασίας.....	23
2.4.3 Το αισθητήριο πίεσης.....	25
2.4.4 Το ανεμόμετρο.....	27
2.4.5 Ο ανεμοδείκτης.....	28
Κεφάλαιο 3^ο : Υπολογισμός και ανάλυση των κυκλωμάτων.....	35
3.1 Το κύκλωμα του κυρίου μέρους του συστήματος.....	35
3.2 Το κύκλωμα του LM35.....	38
3.3 Το κύκλωμα του ΗΠΗ-3605-Α.....	42
3.4 Το κύκλωμα του ΝΡΡ301.....	43
3.5 Το κύκλωμα του ανεμομέτρου	47
3.6 Το κύκλωμα του ανεμοδείκτη.....	50
3.7 Το τροφοδοτικό του συστήματος.....	51
Κεφάλαιο 4^ο : Το λογισμικό (software) του συστήματος.....	53
4.1 Το πρόγραμμα του μικροελεγκτή.....	53
4.1.1 Λίγα λόγια για την αρχιτεκτονική και τη συμβολική γλώσσα του DS5000(T).....	53
4.1.2 Περιγραφή του προγράμματος του μικροελεγκτή (Firmware) με διαγράμματα ροής.....	56
4.1.3 Διαδικασία προγραμματισμού του συστήματος.....	65
4.2 Το πρόγραμμα ελέγχου του συστήματος.....	68
4.2.1 Λίγα λόγια για τη Visual Basic.....	68

4.2.2 Διασύνδεση προγράμματος της Visual Basic με το πρόγραμμα του μικροελεγκτή.....	71
4.2.3 Χειρισμοί του προγράμματος ελέγχου CWMDL.....	72

Παράρτημα Α΄ : Data Sheets.....	Π-1
DS5000(T).....	Π-3
MAX 158.....	Π-9
MAX233.....	Π-15
LM35.....	Π-17
HIH3605.....	Π-21
NPP-301.....	Π-23
Anemometer.....	Π-25
Opto Switch 2601.....	Π-27
LM2917.....	Π-29
LM336.....	Π-35
LM78XX.....	Π-37
LM79XX.....	Π-41
TL07X.....	Π-45

Παράρτημα Β΄ : Τα περιεχόμενα του CD-ROM.....	Π-49
--	-------------

Παράρτημα Γ΄ : Χρήσιμες πληροφορίες.....	Π-55
---	-------------

Παράρτημα Δ΄ : Τεχνικά χαρακτηριστικά συσκευής.....	Π-61
--	-------------

Βιβλιογραφία – Διαδίκτυο

Πρόλογος

Όταν το Φεβρουάριο του 1997 άρχισα τις σπουδές μου στο τμήμα Ηλεκτρονικής του παραρτήματος Χανίων του Τ.Ε.Ι. Κρήτης, δεν μπορούσα να φανταστώ το εύρος των δυνατοτήτων που έχει η επιστήμη της Ηλεκτρονικής, μια ραγδαία εξελισσόμενη επιστήμη που εισχωρεί σε όλο και περισσότερους τομείς της καθημερινής μας ζωής. Εντυπωσιασμένος από αυτό το τεράστιο εύρος των δυνατοτήτων που έχει, δυσκολευόμουν να καταλήξω σε κάποιο συγκεκριμένο θέμα για να ασχοληθώ στην πτυχιακή μου εργασία. Από αυτό το αδιέξοδο αυτό βγήκα όταν ρώτησα τον κ. Ιωάννη Τωμαδάκη αν έχει κάποιο θέμα να μου προτείνει, και η πρόταση του ήταν να φτιάξουμε ένα σύστημα συλλογής και αποθήκευσης μετεωρολογικών μεγεθών ελεγχόμενο από Η/Υ. Το σκέφτηκα λίγο και είδα ότι ήταν μεν ένα αρκετά δύσκολο θέμα, αλλά και αρκετά ενδιαφέρον γιατί συνδύαζε πολλά πράγματα με τα οποία είχα ασχοληθεί κατά τη διάρκεια της φοίτησης μου στο Τ.Ε.Ι.. Έτσι αποφάσισα να κάνω αυτό για πτυχιακή εργασία, και μπορώ να πω, τώρα που την τελείωσα, ότι οι γνώσεις και οι εμπειρίες που αποκόμισα ήταν αρκετά σημαντικές.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. **Τωμαδάκη Ιωάννη**, εισηγητή αυτής της εργασίας για την βοήθεια του αλλά και για την άψογη συνεργασία που είχαμε, τον κ. **Λιγοψυχάκη Χαράλαμπο** για τη βοήθεια του στην κατασκευή του ανεμοδείκτη τον κ. **Αντωνιδάκη Εμμανουήλ** για την παραχώρηση του ανεμομέτρου, καθώς και οποιονδήποτε συνέβαλε, έστω και ψυχολογικά, στην πραγματοποίηση αυτής της εργασίας.

Χανιά 16/10/2001

Παπαδάκης Ιωάννης

Εισαγωγή

Η ανάγκη για την πρόβλεψη των καιρικών συνθηκών απασχολούσε ανέκαθεν τον άνθρωπο. Αν ανατρέξει κανείς στην ιστορία θα δει ότι όλοι οι αρχαίοι πολιτισμοί είχαν επινοήσει διάφορες μεθόδους για την πρόγνωση του καιρού οι οποίες βασίζονταν κυρίως στην παρατήρηση διάφορων φυσικών φαινομένων αλλά και στην παρατήρηση της συμπεριφοράς διάφορων ζώων. Με την πρόοδο της επιστήμης επινοήθηκαν διάφορα όργανα όπως για παράδειγμα το βαρόμετρο κάνοντας πιο αποτελεσματικές τις μεθόδους πρόβλεψης. Στη σημερινή εποχή η πρόγνωση του καιρού γίνεται με σχετικά μεγάλη ακρίβεια αφού οι μετεωρολόγοι έχουν στη διάθεσή τους υπερσύγχρονα μέσα όπως δορυφόρους και διάφορα άλλα συστήματα μεγάλης ακρίβειας. Ένα καλό εργαλείο όμως για τους μετεωρολόγους είναι και η στατιστική η οποία τους βοηθάει στην καλύτερη πρόβλεψη και μελέτη των καιρικών φαινομένων. Για τις ανάγκες όμως της στατιστικής πρέπει να γίνεται συνεχής λήψη και καταγραφή των μετεωρολογικών μεγεθών κι έτσι άρχισε να παρουσιάζεται η ανάγκη αυτοματοποίησης αυτής της διαδικασίας, με αποτέλεσμα να αναπτυχθούν τα συστήματα συλλογής και αποθήκευσης δεδομένων (Data Loggers).

Η κατασκευή ενός τέτοιου συστήματος είναι το θέμα αυτής της πτυχιακής εργασίας. Με το σύστημα αυτό μπορεί να γίνει εύκολα η μέτρηση, η συλλογή και η αποθήκευση της **θερμοκρασίας**, της **υγρασίας**, της **ατμοσφαιρικής πίεσης**, και της **ταχύτητας** και της **διεύθυνσης του ανέμου**, που είναι τα πιο βασικά μετεωρολογικά μεγέθη. Φυσικά αποθηκεύεται η ώρα και η ημερομηνία που έγινε η κάθε μέτρηση. Το σύστημα είναι ελεγχόμενο από ηλεκτρονικό υπολογιστή, και ο χρήστης του μπορεί να ρυθμίσει τον επιθυμητό **ρυθμό δειγματοληψίας**, δηλαδή το κάθε πόση ώρα θα γίνεται μέτρηση και αποθήκευση των παραπάνω μεγεθών. Μετά το σύστημα παίρνει αυτόματα μετρήσεις με τον καθορισμένο ρυθμό δειγματοληψίας και τις αποθηκεύει στη μνήμη που έχει, χωρίς να είναι απαραίτητη η παρουσία του χρήστη ή να είναι απαραίτητο να είναι σε λειτουργία ο υπολογιστής ελέγχου του. Ο ρυθμός δειγματοληψίας μπορεί να κυμαίνεται από 1 έως 60 λεπτά, και το σύστημα θα μπορεί να αποθηκεύει μετρήσεις από 2 έως 118 μέρες αντίστοιχα, αν η μνήμη του αρχικά είναι τελείως άδεια. Ο χρήστης θα πρέπει να πηγαίνει να συλλέγει τις μετρήσεις αυτές

σε τακτά χρονικά διαστήματα, να τις αποθηκεύει σε ένα αρχείο *.log ή *.txt και μετά να τις διαγράφει από τη μνήμη του συστήματος. Η επεξεργασία των μετρήσεων αυτών μπορεί να γίνει με οποιοδήποτε σχετικό πρόγραμμα, όπως για παράδειγμα το Microsoft Excel. Για τον έλεγχο του συστήματος έχει φτιαχτεί ένα εύχρηστο πρόγραμμα με εφαρμογή της γλώσσας προγραμματισμού Visual Basic. Το σύστημα έχει τη δυνατότητα να κρατάει τις ρυθμίσεις του και τις αποθηκευμένες μετρήσεις ακόμα και αν για κάποιο λόγο διακοπεί η τροφοδοσία του. Συνεχίζει δε κανονικά τη λειτουργία του μετά την εκ νέου τροφοδότηση του. Ακόμα μπορεί να γίνει εύκολα αναβάθμιση του λογισμικού του μικροελεγκτή (Firmware) του συστήματος με τρόπο που περιγράφεται σε παρακάτω κεφάλαιο. Συνοπτικά τα χαρακτηριστικά και οι δυνατότητες του συστήματος είναι:

- Καταγραφή των μετεωρολογικών μεγεθών θερμοκρασίας, υγρασίας, ατμοσφαιρικής πίεσης, ταχύτητας και διεύθυνσης ανέμου.
- Ρύθμιση χρόνου δειγματοληψίας από 1 έως 60 λεπτά
- Συνεχόμενη αποθήκευση μετρήσεων από 2 έως 118 μέρες.
- Αποθήκευση των μετρήσεων σε αρχείο *.log ή *.txt
- Εύκολος έλεγχος μέσω ειδικού λογισμικού
- Εύκολη αναβάθμιση του Firmware
- Δυνατότητα τροφοδότησής του από εξωτερική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Δυνατότητα προσθήκης ασύρματης επικοινωνίας για τον έλεγχο και τη μεταφορά των αποθηκευμένων δεδομένων του.

Η εργασία συνοδεύεται από ένα CD-ROM μέσα στο οποίο υπάρχουν το λογισμικό ελέγχου του, ο πηγαίος κώδικάς του, διάφορα εργαλεία για τον προγραμματισμό του συστήματος, τα Data Sheets όλων των εξαρτημάτων που έχουν χρησιμοποιηθεί σε μορφή pdf, και πολλές άλλες χρήσιμες πληροφορίες. Για τη χρησιμότητα του κάθε αρχείου που υπάρχει στο CD-ROM γίνονται παραπομπές από αρκετά σημεία της εργασίας.

Κεφάλαιο 1^ο

Γενικά στοιχεία για τα Συστήματα Μέτρησης Και Καταγραφής Δεδομένων (Data Loggers)

1.1 Συλλογή δεδομένων

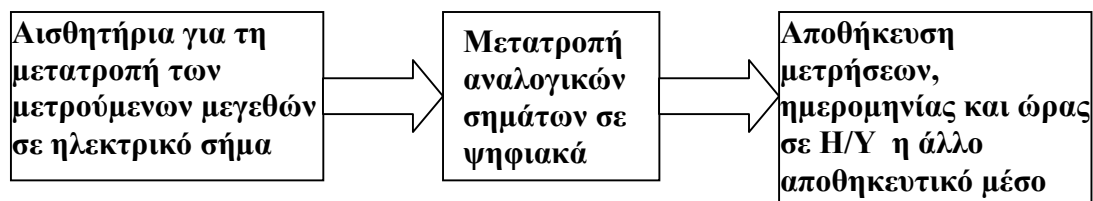
Υπάρχουν αρκετές περιπτώσεις, ακόμα και στην καθημερινή μας ζωή όπου είναι αναγκαία η συλλογή και η καταγραφή κάποιων δεδομένων, όπως για παράδειγμα σε ένα νοσοκομείο η νοσοκόμα πρέπει να μετράει κατά τακτά χρονικά διαστήματα τη θερμοκρασία των ασθενών και την καταγράφει. Αυτός είναι ένας χειροκίνητος και απλός τρόπος για συλλογή και καταγραφή δεδομένων. Σε πολλές όμως περιπτώσεις η συλλογή και η καταγραφή των δεδομένων δεν είναι ούτε εύκολο ούτε αποδοτικό να γίνεται χειροκίνητα αφού απαιτείται μεγάλη ακρίβεια και συνεχής καταγραφή κατά τακτά χρονικά διαστήματα επί εικοσιτετράωρου βάσεως, όπως για παράδειγμα όταν καταγράφουμε μετεωρολογικά μεγέθη. Έτσι αναπτύχθηκαν τα αυτόματα συστήματα μέτρησης και καταγραφής δεδομένων (Data Loggers).

Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν διάφορα αισθητήρια για να παίρνουν μετρήσεις και έπειτα καταγράφουν αυτές τις μετρήσεις την ώρα και την ημερομηνία που έγιναν, είτε απ' ευθείας σε Η/Υ είτε σε μια συσκευή η οποία τις αποθηκεύει σε δικό της αποθηκευτικό μέσο και αργότερα τις στέλνει σε Η/Υ για επεξεργασία. Τα τελευταία συνήθως είναι μικρά σε μέγεθος και για πηγή ενέργειας χρησιμοποιούν μια επαναφορτιζόμενη μπαταρία, έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για καταγραφή μετρήσεων σε απομακρυσμένες περιοχές όπου είναι δύσκολη η τροφοδότηση τους απ' ευθείας από το δίκτυο ηλεκτροδότησης. Σ' αυτή την περίπτωση η συσκευή συνδέεται στον Η/Υ, ρυθμίζονται οι διάφοροι παράμετροι της, αποσυνδέεται από τον Η/Υ, μετά τοποθετείται στην περιοχή όπου πρέπει να συλλέξει μετρήσεις και κατά τακτά χρονικά διαστήματα ο χρήστης πάει, παίρνει τη συσκευή και περνάει τις μετρήσεις στον Η/Υ όπου γίνεται και η επεξεργασία τους. Η διαδικασία αυτή γίνεται

πιο εύκολη όταν υπάρχει ασύρματη επικοινωνία μεταξύ του Data Logger και του υπολογιστή ελέγχου, όπου δεν είναι απαραίτητη η μεταφορά της συσκευής αφού ο έλεγχος της συσκευής και η μεταφορά των δεδομένων γίνεται ασύρματα

1.2 Απαιτούμενο Υλικό (Hardware) και λογισμικό (Software) για την υλοποίηση ενός συστήματος Data Logging

Όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο, τα Data Loggers μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες: α) αυτά που καταγράφουν απ' ευθείας τις μετρήσεις σε Η/Υ και β) αυτά που έχουν δικό τους αποθηκευτικό μέσο για την καταγραφή των μετρήσεων και μετά στέλνουν τις μετρήσεις στον Η/Υ για επεξεργασία. Σε γενικές γραμμές οι απαιτήσεις σε software και hardware και των δυο κατηγοριών είναι περίπου ίδιες. Και στις δύο περιπτώσεις ακολουθείται μια συγκεκριμένη διαδικασία (σχήμα 1.1) η οποία έχει ως εξής: Τα μετρούμενα μεγέθη μετατρέπονται σε ηλεκτρικό σήμα μέσω διαφόρων αισθητηρίων μετατρέπονται σε ψηφιακό σήμα (εκτός κι αν τα αισθητήρια κάνουν από μόνα τους αυτή τη μετατροπή) και μετά καταγράφονται απ' ευθείας στον Η/Υ αν πρόκειται για συστήματα της κατηγορίας α ή καταγράφονται στη μνήμη του Data Logger και μετά στέλνονται στον Η/Υ αν πρόκειται για συστήματα της κατηγορίας β.



Σχήμα 1.1: Μπλοκ διάγραμμα λειτουργίας ενός Data Logger

Και στις δύο κατηγορίες η μετατροπή από αναλογικό σε ψηφιακό γίνεται με τη χρήση ειδικών μετατροπέων τους Analogue to Digital Converters (ADC ή A/D converters όπως είναι η Αγγλική ορολογία τους). Στα συστήματα της κατηγορίας α η καταγραφή και ο έλεγχος γίνεται με τη χρήση software ενώ σ' αυτά της κατηγορίας β χρησιμοποιούνται ξεχωριστά αποθηκευτικά μέσα για την καταγραφή και μικροεπεξεργαστές ή μικροελεγκτές για τον έλεγχο τους. Η τροφοδοσία στα συστήματα της κατηγορίας α γίνεται απ' ευθείας από το δίκτυο ηλεκτροδότησης

αφού το κύριο μέρος του συστήματος είναι ο Η/Υ. Στα συστήματα της κατηγορίας β η τροφοδοσία γίνεται συνήθως με μια επαναφορτιζόμενη μπαταρία.

Τα συστήματα που επικρατούν είναι αυτά της κατηγορίας β γιατί είναι πολύ μικρά σε μέγεθος, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για καταγραφή διάφορων μεγεθών σε απομακρυσμένες περιοχές και το κόστος τους συνεχώς μειώνεται. Η μεταφορά και των δεδομένων και ο έλεγχος του συστήματος μπορεί να γίνει ασύρματα και έτσι δεν είναι απαραίτητο να πηγαίνει ο χρήστης εκεί για να ρυθμίσει τις παραμέτρους του ή για να συλλέξει τα δεδομένα. Το μόνο ίσως ελάττωμα είναι ότι πρέπει να φορτίζεται η μπαταρία τους κατά τακτά χρονικά διαστήματα. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να λυθεί αν η φόρτιση γίνει αυτόματα από ένα σύστημα μετατροπής αιολικής ή ηλιακής ενέργειας τότε αυτό είναι τελείως αυτόνομο, και ο χρήστης το μόνο που έχει να κάνει είναι να του ρυθμίζει τις διάφορες παραμέτρους και να συλλέγει τα δεδομένα όποτε αυτός θέλει.

1.3 Η Χρήση των Data Loggers σε μετεωρολογικούς σταθμούς

Σε μετεωρολογικούς σταθμούς τα Data Loggers χρησιμοποιούνται ευρέως, αφού πρέπει να γίνεται συνεχής καταγραφή των μετεωρολογικών μεγεθών. Οι μετεωρολόγοι δεν παίρνουν μετρήσεις μόνο στα μετεωρολογικά εργαστήρια αλλά σε πολλές περιοχές που αρκετές φορές είναι απομακρυσμένες, οπότε η χρήση ενός Data Logger διευκολύνει πολύ αυτή τη διαδικασία. Τα πιο βασικά μεγέθη που συνήθως μετρώνται είναι η θερμοκρασία, η υγρασία, η ατμοσφαιρική πίεση, η ταχύτητα και η διεύθυνση του ανέμου. Τα μεγέθη αυτά καθώς και η ώρα και η ημερομηνία που έγινε η λήψη τους, καταγράφονται και οι μετεωρολόγοι τα παίρνουν για να τα επεξεργαστούν.

Η κατασκευή ενός τέτοιου συστήματος είναι και το θέμα αυτής της εργασίας. Στα παρακάτω κεφάλαια γίνεται λεπτομερής ανάλυση του τρόπου που κατασκευάστηκε αυτό το σύστημα μέτρησης και καταγραφής για μετεωρολογικά μεγέθη.

Κεφάλαιο 2^ο

Θεωρητική Μελέτη του Συστήματος

2.1 Τα μετρούμενα μετεωρολογικά μεγέθη

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο σκοπός αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι η κατασκευή ενός αυτόματου συστήματος μέτρησης και αποθήκευσης μετεωρολογικών μεγεθών ελεγχόμενο από Ηλεκτρονικό Υπολογιστή, δηλαδή ενός Data Logger για μετεωρολογικά μεγέθη. Τα μεγέθη που θα μετρά το σύστημα είναι η **θερμοκρασία**, η **υγρασία**, η **ατμοσφαιρική πίεση**, η **ταχύτητα** και η **διεύθυνση του ανέμου**.

Η θερμοκρασία είναι αν όχι το πιο σημαντικό, ένα από τα σημαντικότερα μετεωρολογικά μεγέθη. Για τη μέτρηση της χρησιμοποιούνται δύο κλίμακες, η κλίμακα Celsius και η κλίμακα Fahrenheit. Η κλίμακα Celsius επινοήθηκε από το Σουηδό αστρονόμο *Anders Celsius*, και είναι μια κλίμακα 100 βαθμών, έχοντας σαν σημεία αναφοράς τη θερμοκρασία πήξεως του νερού (0° C) και τη θερμοκρασία βρασμού του (100° C). Η κλίμακα Fahrenheit επινοήθηκε από το Γερμανό φυσικό *Gabriel Daniel Fahrenheit*. Ο Fahrenheit χρησιμοποίησε κι αυτός σαν σημεία αναφοράς τη θερμοκρασία τήξης του νερού (32° F) και τη θερμοκρασία βρασμού του (212° F). Σήμερα η πιο διαδεδομένη κλίμακα, είναι η κλίμακα Celsius, αλλά χρησιμοποιείται αρκετά και η κλίμακα Fahrenheit κυρίως στις Αγγλοσαξονικές χώρες.

Ένα άλλο σημαντικό μετεωρολογικό μέγεθος είναι η υγρασία. Ως υγρασία ορίζεται η παρουσία υδρατμών σε μικρή η μεγάλη ποσότητα. Για τον αέρα η υγρασία μπορεί να εκφραστεί ως *απόλυτη*, *ειδική*, *σχετική* ή σε *μεικτή αναλογία*. Απόλυτη υγρασία είναι η ποσότητα των υδρατμών σε ένα ορισμένο όγκο αέρα και μετριέται σε

gr/m^3 . Ειδική υγρασία είναι το ποσοστό του αδιάστατου όγκου των υδρατμών προς το συνολικό όγκο του αέρα. Σχετική υγρασία είναι η σχέση ανάμεσα στο βάρος του υδρατμού που περιέχεται σ' ένα ορισμένο όγκο αέρα (απόλυτη υγρασία) και στο μέγιστο βάρος του υδρατμού, που στις ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας, μπορεί να περιέχεται στον ίδιο όγκο και εκφράζεται σε ποσοστό επί τοις 100. Η υγρασία σε μεικτή αναλογία είναι ο λόγος των αδιάστατων υδρατμών προς τη μάζα του ξηρού αέρα. Στη μετεωρολογία χρησιμοποιούνται η απόλυτη και σχετική υγρασία.

Ένα από τα πιο χρήσιμα μετεωρολογικά μεγέθη για την πρόβλεψη του καιρού είναι η ατμοσφαιρική πίεση. Ατμοσφαιρική ή βαρομετρική πίεση, είναι η πίεση που ασκείται από τη στήλη της υπερκείμενης ατμόσφαιρας. Κανονική πίεση είναι εκείνη που ασκείται στην επιφάνεια της θάλασσας, στους 0°C σε γεωγραφικό πλάτος 45° και ισοδυναμεί με την πίεση που ασκείται από μία στήλη υδραργύρου 760 mm. Η ατμοσφαιρική πίεση μεταβάλλεται από τα καιρικά φαινόμενα και ανάλογα τη μεταβολή αυτή οι μετεωρολόγοι μπορούν να βγάλουν χρήσιμα συμπεράσματα για τη μεταβολή του καιρού. Εκτός όμως από τον καιρό η ατμοσφαιρική πίεση μεταβάλλεται και με το ύψος (βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ' σελ. Π – 60) και η ιδιότητα της αυτή την κάνει χρήσιμη για τον υπολογισμό του υψομέτρου. Οι μονάδες που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης είναι πολλές, αλλά αυτές που χρησιμοποιούνται πιο πολύ είναι τα mbar (μιλίμπαρ), τα hpa (εκτοπασκάλ) και τα mmHg (μιλιμέτρ υδραργύρου).

Ο άνεμος είναι η οριζόντια, κυρίως, μετατόπιση αέριας μάζας από ζώνες υψηλής πίεσης, αντικυκλώνες, προς ζώνες χαμηλής πίεσης, κυκλώνες. Οι άνεμοι ονομάζονται σταθεροί όταν πνέουν σταθερά προς την ίδια κατεύθυνση (αληγείς, δυτικοί άνεμοι και πολικοί), περιοδικοί όταν πνέουν εναλλάξ προς δύο αντίθετες κατευθύνσεις (μουσσώνες, αύρα) και μεταβλητοί όταν πνέουν κατά διαστήματα (σιρόκος, μαϊστράλι κλπ.). Τα χαρακτηριστικά μεγέθη του ανέμου που μετράμε είναι η ταχύτητα και η διεύθυνσή του.

Για την μέτρηση της ταχύτητας του ανέμου έχει επικρατήσει η κλίμακα Beaufort, η οποία επινοήθηκε από το Βρετανό ναύαρχο Francis Beaufort. Για την κατασκευή της κλίμακας, ο Beaufort χρησιμοποίησε τους αριθμούς από το 0 ως το 12. Έτσι, μηδέν μποφόρ σημαίνει **στην ξηρά** ταχύτητα ανέμου μικρότερη από 1

χιλιόμετρο την ώρα και στο περιβάλλον επικρατεί φυσικά νηνεμία, οπότε ο καπνός ανυψώνεται κατακόρυφα. Στο 1 μποφόρ έχουμε ταχύτητα 1-5 χιλιόμετρα την ώρα και το αεράκι παρασύρει τον καπνό χωρίς να τον διαλύει. Στα 2 μποφόρ η ταχύτητα φθάνει από 6 ως 11 χιλιόμετρα, οπότε ο ασθενής άνεμος γίνεται αισθητός στο πρόσωπο. Τα 3 μποφόρ αντιστοιχούν σε ταχύτητα ανέμου 12-19 χιλιόμετρα την ώρα, και έχουμε φύλλα και λεπτά κλαδιά σε κίνηση. Στα 4 μποφόρ ο άνεμος έχει φθάσει τα 20-26 χιλιόμετρα την ώρα και τότε σκόνη και μικρά χαρτιά υψώνονται στον ουρανό. Με 5 μποφόρ μικρά δένδρα κουνιούνται ολόκληρα, αφού ο άνεμος φθάνει τα 29 με 38 χιλιόμετρα. Τα 6 μποφόρ γίνονται αισθητά από το σφύριγμα των τηλεφωνικών καλωδίων και την κίνηση των μεγάλων κλαδιών, αφού οι ταχύτητες είναι 39-49 χιλιόμετρα την ώρα. Στα 7 μποφόρ ο άνεμος χαρακτηρίζεται σφοδρός, τα δένδρα κινούνται ολόκληρα και το αντίθετο στον άνεμο βάδισμα γίνεται δύσκολα, αφού η ταχύτητα φθάνει τα 50-61 χιλιόμετρα την ώρα. Θυελλώδεις άνεμοι, που κάνουν τα κλαδιά να σπάζουν και είναι αδύνατον να περπατήσει κανείς έξω, αντιστοιχούν στα 8 μποφόρ και η ταχύτητα είναι 62-74 χιλιόμετρα. Στα 9 μποφόρ έχουμε θύελλα, κάποια κεραμίδια αποσπώνται από τη θέση τους και η ταχύτητα φθάνει από 75 ως και 88 χιλιόμετρα την ώρα. Ισχυρή θύελλα είναι τα 10 μποφόρ, οπότε ξεριζώνονται δένδρα και κινδυνεύουμε από τις ζημιές στις διάφορες κατασκευές, ενώ η ταχύτητα του ανέμου πλέον πιάνει από 90 ως και 100 χιλιόμετρα την ώρα. Στα 11 μποφόρ έχουμε πολύ ισχυρή θύελλα και γίνονται μεγάλες καταστροφές, αφού η ταχύτητα είναι από 103 ως 117 χιλιόμετρα την ώρα. Στα 12 μποφόρ έχουμε τυφώνα, η ταχύτητα του ανέμου ξεπερνά τα 117 χιλιόμετρα την ώρα και οι καταστροφές που προκαλούνται είναι τεράστιες.

Η διεύθυνση του ανέμου μετριέται είτε με μοίρες χρησιμοποιώντας ως αναφορά ένα σταθερό σημείο (π.χ. το βορά) είτε με απ' ευθείας υπόδειξη του σημείου απ' όπου έρχεται ο άνεμος (Β (N), ΒΔ (NW), Α (E) κλπ).

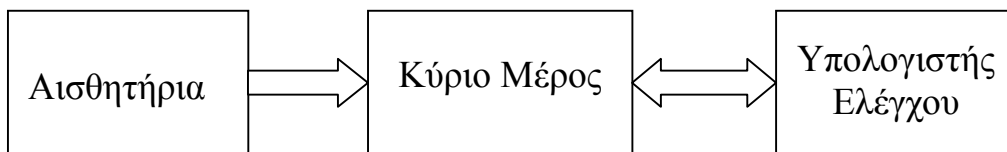
Περισσότερες πληροφορίες για τα παραπάνω μετεωρολογικά μεγέθη και αναλυτικοί πίνακες για τις μονάδες μέτρησης τους υπάρχουν στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ' (Σελίδα Π – 55) καθώς και σε ηλεκτρονική μορφή στο συνοδευτικό CD-ROM.

2.2 Περιγραφή του συστήματος

Η δομή ενός συστήματος μέτρησης και αποθήκευσης μετεωρολογικών μεγεθών είναι σε γενικές γραμμές όμοια με αυτή που του συστήματος που υλοποιήσαμε και περιγράφεται παρακάτω. Το σύστημά μας αποτελείται από τα εξής μέρη:

- α) τα μέρος των αισθητηρίων, που αναλαμβάνει τη μετατροπή των μετεωρολογικών μεγεθών σε ηλεκτρικά σήματα,
- β) το κύριο μέρος, που αναλαμβάνει την αποθήκευση των μετρήσεων και την επικοινωνία του με τον υπολογιστή ελέγχου, και
- γ) τον υπολογιστή ελέγχου.

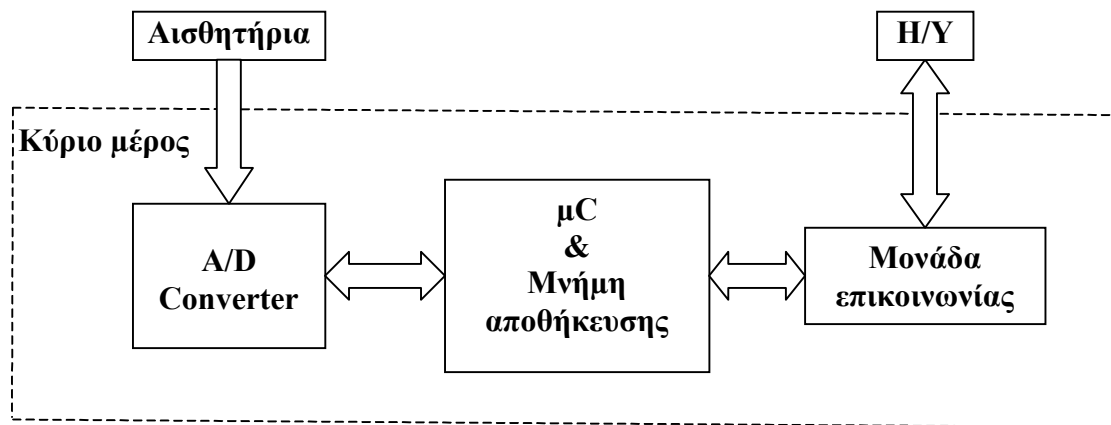
Στο Σχ.2.1 φαίνεται ένα γενικό διάγραμμα του συστήματος:



Σχήμα 2.1: Μπλοκ διάγραμμα του συστήματος

Το τμήμα των αισθητηρίων αποτελείται από 5 αισθητήρια, ένα για κάθε μετεωρολογικό μέγεθος που θέλουμε να μετρήσουμε. Τα αισθητήρια που χρησιμοποιούμε είναι το αισθητήριο θερμοκρασίας LM35, το HHH-3605A που είναι αισθητήριο υγρασίας, το NPP-301 που είναι αισθητήριο πίεσης, ένα ανεμόμετρο κυπέλλων για τη μέτρηση της ταχύτητας του ανέμου και ένα ανεμοδείκτη για τον προσδιορισμό της διεύθυνσης του ανέμου. Στην παράγραφο 2.4 αναλύονται οι λόγοι για τους οποίους έγινε επιλογή των παραπάνω αισθητηρίων.

Το κύριο μέρος είναι και το πιο πολύπλοκο κομμάτι του συστήματος. Παρακάτω στο Σχ.2.2 φαίνεται η δομή του:



Σχήμα 2.2: Μπλοκ διάγραμμα του κυρίου μέρους του συστήματος

Το ηλεκτρικό σήμα που έρχεται από τα αισθητήρια μετατρέπεται σε ψηφιακό με τη βοήθεια του A/D Converter, μετά αποθηκεύεται στη μνήμη και στη συνέχεια, μεταφέρεται στον H/Y από τη μονάδα επικοινωνίας, όπου και αποθηκεύεται σε ένα αρχείο για περαιτέρω ανάλυση. Τα αισθητήρια συνδέονται όλα στον A/D Converter, εκτός από τον ανεμοδείκτη ο οποίος βγάζει απ' ευθείας ψηφιακό σήμα και έτσι συνδέεται απ' ευθείας σε μια θύρα του μικροελεγκτή. Ο μC (μικροελεγκτής) είναι η καρδιά του συστήματος, αφού είναι υπεύθυνος για όλες τις λειτουργίες της συσκευής, δηλαδή αυτός δίνει τις εντολές στον A/D Converter για το πότε και ποιες μετρήσεις θα παίρνει, αποθηκεύει στη μνήμη τις μετρήσεις, αναγνωρίζει τις εντολές που του δίδονται από τον H/Y και στέλνει τα δεδομένα σ' αυτόν. Στο σχήμα 2.2 ο μC και η μνήμη αποθήκευσης δεδομένων σημειώνονται σαν μια μονάδα επειδή όπως θα δούμε στην παράγραφο 2.3.1 σαν μνήμη αποθήκευσης χρησιμοποιείται η μνήμη που έχει ο ίδιος ο μικροελεγκτής. Η μονάδα επικοινωνίας κάνει τις κατάλληλες μετατροπές στις στάθμες των σημάτων επικοινωνίας για να γίνει εφικτή η επικοινωνία του συστήματος με τον υπολογιστή ελέγχου. Η μονάδα αυτή αποτελείται από ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα RS-232 Driver/ Receiver.

Το τρίτο μέρος του συστήματος, ο υπολογιστής ελέγχου, δεν είναι τίποτα άλλο από ένας συνηθισμένος επιτραπέζιος ή φορητός προσωπικός H/Y, εξοπλισμένος με κατάλληλο λογισμικό και μια θύρα σειριακής επικοινωνίας που υποστηρίζει το πρωτόκολλο RS232.

2.3 Η επιλογή των εξαρτημάτων του κύριου μέρους

Η επιλογή των εξαρτημάτων για την υλοποίηση του κύριου μέρους του συστήματος είναι μια αρκετά δύσκολη διαδικασία. Σ' αυτή την παράγραφο αναλύεται ο τρόπος επιλογής των βασικών εξαρτημάτων αυτού και δίδονται μερικά βασικά χαρακτηριστικά τους. Περισσότερες πληροφορίες υπάρχουν στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α', ενώ τα πλήρη Data Sheet τους υπάρχουν στο συνοδευτικό CD-ROM της εργασίας.

2.3.1 Ο μικροελεγκτής

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη παράγραφο η καρδιά του συστήματος είναι ο μικροελεγκτής. Το σύστημα πρέπει να έχει ένα μικροελεγκτή ο οποίος να διαθέτει τουλάχιστον μια σειριακή θύρα RS-232, ένα χρονοστάθμη (timer) για τη δημιουργία ορισμένων χρονικών καθυστερήσεων, να έχει δυνατότητα προσθήκης εξωτερικής μνήμης για την αποθήκευση των μετρήσεων και δυνατότητα σύνδεσης ρολογιού πραγματικού χρόνου (real time clock) για να κρατάει ημερομηνία και ώρα.

Στην αγορά υπάρχει μεγάλη γκάμα από μικροελεγκτές και οι περισσότεροι έχουν τα χαρακτηριστικά που αναφέρονται παραπάνω. Σ' αυτό όμως το σύστημα χρησιμοποιήθηκε ο μικροελεγκτής DS5000(T) της Dallas Semiconductors επειδή έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Είναι των 8-bit, συμβατός με τον 8051 (σε αρχιτεκτονική και ακροδέκτες).
- Έχει 32KB ανεξίτηλης (nonvolatile) RAM, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ή ως μνήμη προγράμματος (program memory) ή/και ως μνήμη δεδομένων (data memory), με δυνατότητα διατήρησης των δεδομένων έως και 10 χρόνια, με απώλεια της τάσης τροφοδοσίας.
- Διαθέτει σειριακή θύρα πλήρως αμφίδρομη (Full-Duplex).
- Προγραμματίζεται απ' ευθείας από τη σειριακή θύρα, δίχως να απαιτείται η εξαγωγή του από την κατασκευή και χωρίς τη χρήση ειδικού προγραμματιστή.
- Έχει δύο χρονοστάθμη.
- Διαθέτει ενσωματωμένο ρολόι πραγματικού χρόνου (real time clock).

Εκτός από τα παραπάνω ο DS5000(T) διαθέτει και άλλα χαρακτηριστικά που έχουν σχεδόν όλοι οι μικροελεγκτές τελευταίας τεχνολογίας, όπως χρονιστή φύλακα (watchdog timer), επαναφορά σε ανεπιτυχή τροφοδότηση (power-fail reset), ασφάλεια λογισμικού (software security), μικρή κατανάλωση ισχύος κ.α. Ας δούμε όμως λίγο πιο αναλυτικά τα χαρακτηριστικά του που είναι χρήσιμα για την υλοποίηση του συστήματος.



Εικόνα 2.1: Ο μικροελεγκτής DS5000(T)

Ο DS5000(T) είναι ένας μικροελεγκτής συμβατός με τον 8051 σε αρχιτεκτονική και ακροδέκτες. Η συμβατότητά του αυτή με τον 8051, που είναι ένας από τους πρώτους και πιο διαδεδομένους μικροελεγκτές και ο οποίος έχει αρκετές δυνατότητες και σχετικά εύκολη συμβολική γλώσσα, τον καθιστά αρκετά εύχρηστο.

Ένας όμως από τους πιο βασικούς λόγους που επιλέχτηκε αυτός ο μικροελεγκτής είναι η μεγάλη (32KB) μνήμη που έχει και η οποία είναι ανεξίτηλη. Ο χρήστης επιλέγει πόση απ' αυτή τη μνήμη θα χρησιμοποιείται για την αποθήκευση του προγράμματος (firmware) και πόση θα χρησιμοποιείται ως εξωτερική μνήμη RAM για αποθήκευση δεδομένων, γίνεται δηλαδή ένα είδος κερματισμού (partition) της μνήμης. Με δεδομένο ότι το πρόγραμμα δεν πρόκειται να ξεπεράσει τα 4KB, μας μένουν περίπου 28KB για την αποθήκευση των μετρήσεων, χώρος πού είναι αρκετός για τις ανάγκες του συστήματός μας. Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της μνήμης είναι ότι είναι ανεξίτηλη, πράγμα που σημαίνει ότι σε περίπτωση απώλειας της τροφοδοσίας δεν θα χάνονται τα δεδομένα που θα έχουν αποθηκευτεί. Ακόμα, η μνήμη είναι ενσωματωμένη στο ίδιο κέλυφος με το μικροελεγκτή κι έτσι είναι πιο εύκολη η υλοποίηση του συστήματος.

Βασικό πλεονέκτημα όμως του DS5000(T) είναι ότι προγραμματίζεται απ' ευθείας από τη σειριακή του θύρα χωρίς τη χρήση ειδικού προγραμματιστή και χωρίς να απαιτούνται επιπλέον εξαρτήματα. Έτσι μπορεί να προγραμματιστεί ενώ είναι προσαρμοσμένος στο σύστημα, κάνοντας εύκολη την αναβάθμιση του προγράμματος του συστήματος.

Ένα μεγάλο πλεονέκτημα του DS5000(T) είναι το ενσωματωμένο ρολόι πραγματικού χρόνου που έχει, το οποίο μας απαλλάσσει από χρήση εξωτερικού ρολογιού πραγματικού χρόνου κάνοντας έτσι οικονομία σε ακροδέκτες και σε όγκο του συστήματος. Το ρολόι αυτό κρατά ώρα, ημερομηνία και ημέρα της εβδομάδας, με σχετικά μεγάλη ακρίβεια και είναι σχετικά εύκολο στον προγραμματισμό.

2.3.2 Ο μετατροπέας από αναλογικό σε ψηφιακό (A/D converter ή ADC)

Επειδή τα περισσότερα αισθητήρια που θα χρησιμοποιήσουμε μετατρέπουν το μέγεθος που μετράμε σε αναλογική τάση, είναι απαραίτητη η χρήση μετατροπέα από αναλογικό σε ψηφιακό για να μπορέσουν αυτές οι μετρήσεις να γίνουν κατανοητές από το μικροελεγκτή και εν συνεχεία από τον υπολογιστή. Επειδή χρησιμοποιούμε 4 αισθητήρια που βγάζουν αναλογική τάση, πρέπει να χρησιμοποιήσουμε ένα ADC με τουλάχιστον 4 εισόδους, και κατά προτίμηση να έχει ανάλυση 8 bit ώστε να είναι εύκολη η σύνδεση του με το μικροελεγκτή.

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά καθώς και μερικά άλλα πλεονεκτήματα έχει ο μετατροπέας από αναλογικό σε ψηφιακό MAX158 της εταιρίας MAXIM, ο οποίος είναι ένας ADC διαδοχικής προσέγγισης (successive approximation) με τεχνική μετατροπής half-flash. Τα χαρακτηριστικά του MAX158 είναι τα εξής:

- 8 bit ανάλυση
- 8 κανάλια εισόδου αναλογικού σήματος
- Παράλληλη έξοδος
- Χρόνος μετατροπής 2,5 μs για κάθε κανάλι
- Ενσωματωμένη λειτουργία Track/Hold (ή Sample/Hold)
- Απλή τροφοδοσία +5V

- Ενσωματωμένο ρολόι (clock)
- Μικρό σφάλμα (1/2 LSB)

Η ανάλυση των 8 bit είναι αρκετή για τις μετρήσεις που χρειαζόμαστε και ιδανική για το μικροελεγκτή που χρησιμοποιούμε. Έχει 8 κανάλια εισόδου οπότε υπερκαλύπτει τη διαφορά των 4 που χρειαζόμαστε και τα υπόλοιπα 4 μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε άλλες πιθανές λειτουργίες του συστήματος. Αφού διαθέτει παράλληλη έξοδο μπορεί να συνδεθεί εύκολα σε μια θύρα του μικροελεγκτή κάνοντας έτσι και τον προγραμματισμό πιο εύκολο. Ο μικρός χρόνος μετατροπής που έχει εγγυάται πολύ γρήγορη λήψη δεδομένων. Η ενσωματωμένη λειτουργία δειγματοληψίας και συγκράτησης (Sample/Hold) που έχει του επιτρέπει την άμεση σύνδεση του σε μικροελεγκτή χωρίς τη χρήση εξωτερικών στοιχείων που κάνουν αυτή τη δουλειά, κάνοντας έτσι πιο εύκολο το σχεδιασμό του συστήματος. Στον εύκολο σχεδιασμό βοηθάει και το ότι διαθέτει εσωτερικό ρολόι για το χρονισμό του ενώ επιπλέον απαιτεί απλή τροφοδοσία των 5V. Τέλος το πολύ μικρό σφάλμα που έχει εγγυάται ακριβείς μετρήσεις.



Εικόνα 2.2: Ο μετατροπέας από αναλογικό σε ψηφιακό MAX158

2.3.3 O RS-232 Driver/ Receiver

Για να γίνει η επικοινωνία του συστήματος μας με τον Η/Υ, εκτός από το πρωτόκολλο, πρέπει να είναι συμβατές και οι στάθμες των σημάτων των σειριακών τους θυρών. Στο θέμα του πρωτοκόλλου η συσκευή είναι συμβατή με τον Η/Υ, αφού η σειριακή θύρα του μικροελεγκτή υποστηρίζει το πρωτόκολλο RS-232 το οποίο υποστηρίζεται άμεσα και από τον Η/Υ. Οι στάθμες όμως που έχει ο μικροελεγκτής είναι 0V για λογικό 0 (Low) και 5V για λογικό 1 (High), ενώ οι αντίστοιχες στάθμες

του Η/Υ είναι -12V και $+12\text{V}$. Για το λόγο αυτό υπάρχουν διάφορα ολοκληρωμένα κυκλώματα στην αγορά, τα οποία κάνουν τις ανάλογες μεταβολές στις στάθμες για να γίνει δυνατή η τέτοιου είδους επικοινωνία. Τα ολοκληρωμένα αυτά λέγονται Οδηγοί /Δέκτες (Drivers/Receivers) ή πομποδέκτες (Transceivers), και η κατηγορία αυτών που υποστηρίζουν το πρωτόκολλο RS-232 λέγονται RS-232 Drivers/Receivers. Στην αγορά υπάρχει τεράστια γκάμα από τέτοιου είδους ολοκληρωμένα, στο σύστημά μας όμως χρησιμοποιήθηκε το MAX233, της εταιρίας MAXIM, το οποίο δεν απαιτεί τη χρήση εξωτερικών στοιχείων, όπως πυκνωτές, και έχει σχετικά μικρή κατανάλωση ισχύος (περίπου 10mA).



Εικόνα 2.3: Ο RS-232 Driver/Receiver MAX233

2.4 Η επιλογή των αισθητηρίων

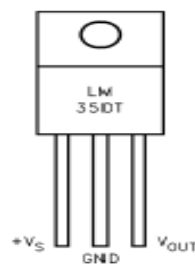
Η επιλογή των αισθητηρίων αποδείχτηκε τελικά η πιο δύσκολη διαδικασία απ' όλες. Η δυσκολία δεν έγκειται στη μη ύπαρξη τους, αλλά στη μη εύκολη εύρεση τους στην Ελλάδα με εξαίρεση των αισθητηρίων θερμοκρασίας. Αν ψάξει κανείς στα βιβλία των κατασκευαστριών εταιριών ή στις σελίδες τους στο διαδίκτυο, μπορεί να βρει πλήθος από κάθε είδους αισθητήρια, αλλά είναι δύσκολο να τα προμηθευτεί από την Ελλάδα. Έτσι οι επιλογές που υπήρχαν για τα αισθητήρια ήταν αρκετά περιορισμένες. Παρόλα αυτά έγινε κατορθωτό να βρεθούν τα απαραίτητα αισθητήρια είτε με το τίμημα του υψηλού κόστους τους με απ' ευθείας παραγγελία από το εξωτερικό, είτε με αναγκαστική χρήση των περιορισμένων επιλογών που υπήρχαν στον Ελλαδικό χώρο. Παρακάτω γίνεται μια σύντομη αναφορά στα χαρακτηριστικά των αισθητηρίων που χρησιμοποιούμε, τον τρόπο λειτουργίας τους και τη δομή τους. Η ανάλυση και ο υπολογισμός των κυκλωμάτων εφαρμογής τους γίνεται στο επόμενο κεφάλαιο.

2.4.1 Το αισθητήριο θερμοκρασίας

Για την εύρεση του αισθητήριου θερμοκρασίας δεν υπήρξε ιδιαίτερη δυσκολία. Στην Ελληνική αγορά υπάρχει μεγάλη ποικιλία από τέτοια αισθητήρια. Μετά από αρκετή μελέτη των διάφορων επιλογών που υπήρχαν, βγήκε το συμπέρασμα ότι το LM-35 της National Semiconductor, είναι κατάλληλο για το σύστημα μας. Τα χαρακτηριστικά του LM-35 είναι:

- Είναι βαθμονομημένο απ' ευθείας σε βαθμούς Κελσίου.
- Έχει μεταβολή τάσης εξόδου $10\text{mV}/^\circ\text{C}$.
- Δεν χρειάζεται επιπλέον εξωτερική βαθμονόμηση (Calibration).
- Έχει ακρίβεια της τάξεως των $0,5^\circ\text{C}$.
- Είναι κατάλληλο για θερμοκρασίες από -50 έως $+150^\circ\text{C}$.
- Τροφοδοτείται από 4 έως 30 Volt.
- Είναι εξαιρετικά γραμμικό (μη γραμμικότητα $\pm 1/4^\circ\text{C}$).

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι το LM-35 μας καλύπτει απόλυτα σαν αισθητήριο θερμοκρασίας για την εφαρμογή που έχουμε. Δυστυχώς στα Data Sheet του δεν αναφέρεται τίποτα για τη δομή και τον τρόπο λειτουργίας του, έτσι δεν μπορούν να δοθούν περισσότερα θεωρητικά στοιχεία.



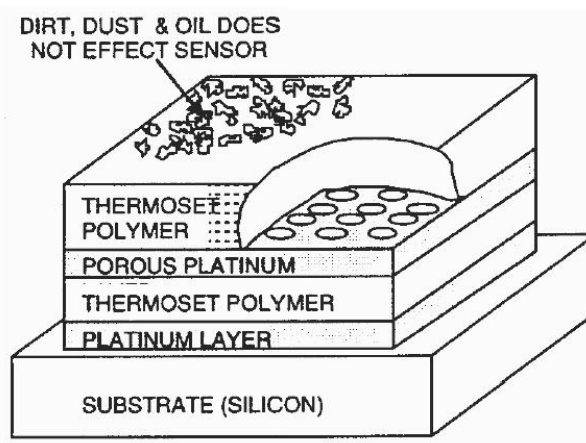
Εικόνα 2.4: Το LM-35

2.4.2 Το αισθητήριο υγρασίας

Για τη μέτρηση της υγρασίας χρησιμοποιήσαμε το αισθητήριο H1H-3605-A της εταιρίας Honeywell το οποίο κατασκευάζεται ως ένα μονολιθικό ολοκληρωμένο κύκλωμα με τα εξής χαρακτηριστικά:

- Μεγάλη γραμμικότητα της τάσεως εξόδου σε σχέση με την τιμή της υγρασίας.
- Μικρή κατανάλωση ρεύματος, της τάξεως των 200μΑ.
- Μεγάλη ακρίβεια.
- Μικρό χρόνο απόκρισης.
- Μεγάλη σταθερότητα.
- Δυνατότητα σύνδεσης κατευθείαν σε άλλες συσκευές, όπως για παράδειγμα σ' ένα A/D converter.

Τα μειονεκτήματα που έχει το συγκεκριμένο αισθητήριο είναι η ευαισθησία που παρουσιάζει στο φως και το σχετικά υψηλό κόστος του, αλλά βλέποντας κανείς τα χαρακτηριστικά και τα υλικά κατασκευής του μπορεί να δικαιολογήσει το υψηλό αυτό κόστος.



Σχήμα 2.3: Η δομή του HHH-3605A

Το αισθητήριο έχει χωρητική συμπεριφορά, είναι κατασκευασμένο από βιομηχανικό πολυμερές, προερχόμενο από διαμορφούμενη ρητίνη, και ηλεκτρόδια από πλατίνα, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.3. Αυτά τα υλικά το κάνουν ανθεκτικό σε συνθήκες μεγάλης θερμοκρασίας και υγρασίας. Η λειτουργία του είναι σχετικά απλή. Οι υδρατμοί πάνω στο διηλεκτρικό στρώμα του αισθητηρίου είναι σε ισορροπία με το περιβάλλον. Το πορώδες πλατινένιο στρώμα προφυλάσσει τη διηλεκτρική δράση του εξωτερικού στρώματος πολυμερούς στο εσωτερικό στρώμα που είναι και το διηλεκτρικό που χρησιμοποιείται για τις μετρήσεις. Το εξωτερικό στρώμα χρησιμοποιείται για μηχανική στήριξη και για προστασία από εξωτερικούς

παράγοντες όπως οι ακαθαρσίες, η σκόνη και το λάδι. Έτσι αυτά δεν επηρεάζουν το αποτέλεσμα της μέτρησης αλλά απλά επιβραδύνουν λίγο το χρόνο απόκρισης του αισθητηρίου. Οι υδρατμοί αφού διαπεράσουν το πορώδες πλατινένιο στρώμα μεταβάλλουν τη διηλεκτρική σταθερά του πυκνωτή που σχηματίζεται από τις δυο πλατινένιες πλάκες και το πολυμερές μεταβάλλοντας έτσι τη χωρητικότητα του. Στη συνέχεια ένα ενσωματωμένο κύκλωμα εκφράζει αυτή τη χωρητικότητα σε τάση.



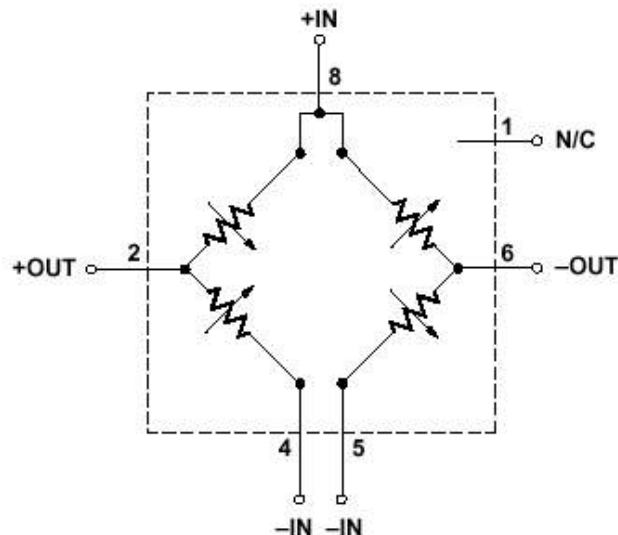
Εικόνα 2.5: Το αισθητήριο υγρασίας H1H-3605-A

2.4.3 Το αισθητήριο πίεσης

Το πιο δυσεύρετο αισθητήριο ήταν αυτό της πίεσης. Τελικά μετά από αναζήτηση βρέθηκε το NPP-301 της εταιρίας Lucas NovaSensor. Το NPP-301 είναι ένα αισθητήριο πίεσης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για μετρήσεις βαρομετρικής πίεσης. Παρουσιάζει αρκετά ικανοποιητική ακρίβεια και έχει πολύ μικρό χρόνο απόκρισης. Όταν η τάση τροφοδοσίας είναι σταθερή τότε η τάση εξόδου του μεταβάλλεται γραμμικά σε σχέση με την πίεση που του εφαρμόζεται. Συνοπτικά τα χαρακτηριστικά του είναι:

- Θερμοκρασία λειτουργίας -40 έως 125°C .
- Μεγάλη ακρίβεια.
- Μεγάλη γραμμικότητα.
- Λειτουργία βασισμένη σε γέφυρα Wheatstone.
- Μικρή κατανάλωση ισχύος.
- Μικρό μέγεθος.

Η λειτουργία του βασίζεται σε μια γέφυρα Wheatstone που αποτελείται από “πιεζοαντιστάσεις”, αντιστάσεις δηλαδή που η τιμή τους μεταβάλλεται ανάλογα με την πίεση που τους ασκείται. Η διάταξη αυτής της γέφυρας φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (σχήμα 2.4):



Σχήμα 2.4: Η λειτουργία του NPP-301

Όπως φαίνεται από το παραπάνω σχήμα το αισθητήριο παρέχει διαφορική τάση στην έξοδό του. Με άλλα λόγια η μεταβολή της πίεσης επηρεάζει τη διαφορά δυναμικού μεταξύ των ακροδεκτών 2 και 6 του αισθητηρίου.

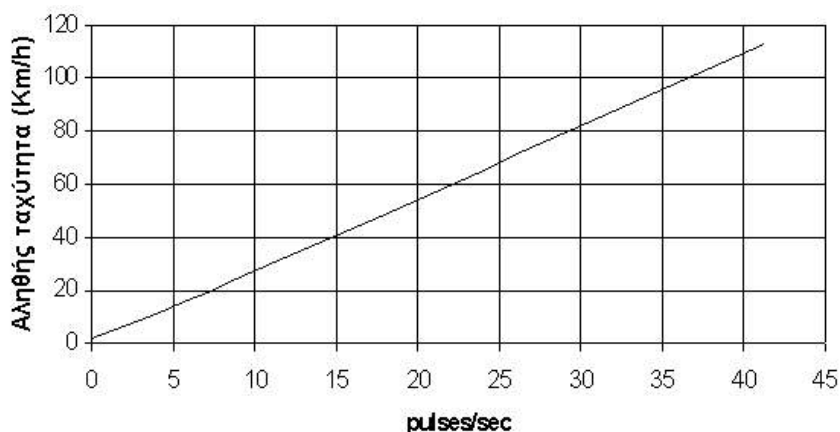


Εικόνα 2.6: Αισθητήρια πίεσης NPP-301

2.4.4 Το ανεμόμετρο

Τα ανεμόμετρα είναι όργανα τα οποία μετρούν την ταχύτητα του ανέμου. Ο πιο απλός και πιο συνηθισμένος τύπος ανεμόμετρου είναι το ανεμόμετρο κυπέλλων (cup anemometer) και ονομάζεται έτσι επειδή για την κατασκευή του χρησιμοποιούνται τρία ή τέσσερα κύπελλα τα οποία περιστρέφουν ένα άξονα με γωνιακή ταχύτητα ανάλογη της ταχύτητας του ανέμου. Ωστόσο υπάρχουν και άλλοι τύποι ανεμόμετρων όπως τα ανεμόμετρα πίεσης τα οποία χρησιμοποιούν ένα αισθητήριο πίεσης το οποίο αντιλαμβάνεται τη μεταβολή της ταχύτητας ως μεταβολή της πίεσης, τα ανεμόμετρα εκτροπής (deflection anemometer) τα οποία έχουν σαν αισθητήρια διάφορες λάμες ή αιωρούμενες σφαίρες που τις μετατοπίζει ο άνεμος ανάλογα με την ταχύτητά του, τα θερμοηλεκτρικά ανεμόμετρα τα οποία έχουν μια θερμαινόμενη μεταλλική ράβδο η θερμοκρασία της οποίας αλλάζει ανάλογα με την ταχύτητα του ανέμου και τα ανεμόμετρα LASER Doppler τα οποία μετράνε την ολίσθηση φάσης του φωτός που προκαλείται από την κίνηση των μορίων του ανέμου.

Στο σύστημά μας χρησιμοποιήθηκε ένα ανεμόμετρο με αισθητήριο κυπέλλων και συγκεκριμένα το τύπου 40 της NRG Systems το οποίο φαίνεται παρακάτω στην εικόνα 2.6. Το αισθητήριο αυτό είναι ειδικά σχεδιασμένο να αντέχει σε αντίξοες καιρικές συνθήκες όπως είναι οι υψηλές ταχύτητες ανέμου, οι υψηλές θερμοκρασίες και η υψηλή τιμή της υγρασίας. Η έξοδος του είναι ημιτονικό σήμα του οποίου η συχνότητα μεταβάλλεται ανάλογα με την ταχύτητα του ανέμου. Τη μεταβολή αυτή τη βλέπουμε παρακάτω στο σχήμα 2.5:



Σχήμα 2.5: Η ταχύτητα του ανέμου σε συνάρτηση με τους παλμούς εξόδου του ανεμόμετρου.

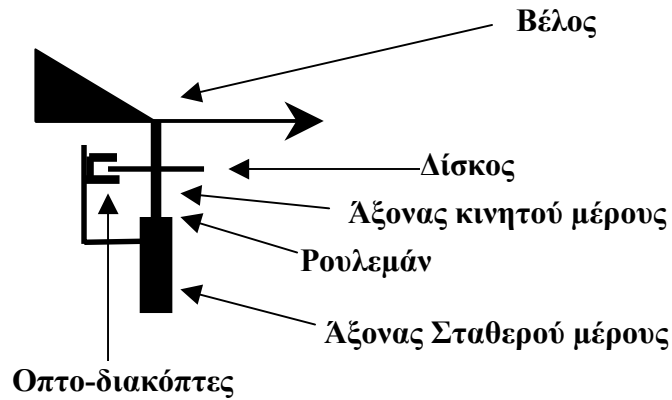


*Εικόνα 2.7: Το ανεμόμετρο τύπου 40 της
NRG Systems*

2.4.5 Ο ανεμοδείκτης

Ο Ανεμοδείκτης είναι ένα όργανο το οποίο μας δείχνει τη διεύθυνση του ανέμου. Στο εμπόριο υπάρχουν αρκετά είδη ανεμοδεικτών, αλλά το κόστος τους είναι αρκετά υψηλό. Έτσι πάρθηκε η απόφαση να φτιαχτεί ένας ανεμοδείκτης δικής μας κατασκευής. Για την κατασκευή ενός ανεμοδείκτη υπάρχουν αρκετοί τρόποι. Παρακάτω γίνεται περιγραφή του τρόπου κατασκευής του απλού ανεμοδείκτη που υλοποιήσαμε.

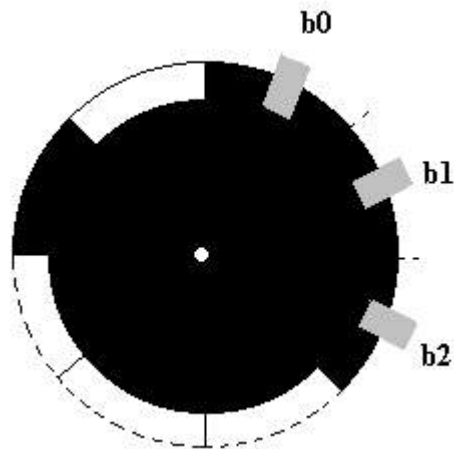
Ουσιαστικά ο ανεμοδείκτης είναι ένα σύστημα που αποτελείται από δύο μέρη, το κινητό μέρος και το σταθερό μέρος. Το κινητό μέρος αποτελείται από ένα άξονα ο οποίος έχει προσαρμοσμένο στο κάτω μέρος του ένα δίσκο κομμένο κατάλληλα στα άκρα του ενώ στο πάνω μέρος του είναι στερεωμένο ένα βέλος κατάλληλα φτιαγμένο ώστε ο αέρας να το περιστρέφει προς τη διεύθυνση που φυσάει. Το σταθερό μέρος είναι ένας άξονας μεγαλύτερης διαμέτρου που πάνω του προσαρμόζονται τρεις οπτοδιακόπτες οι οποίοι έρχονται σε κατάσταση on ή off ανάλογα με τη θέση του δίσκου του κινητού μέρους. Το κινητό μέρος συνδέεται με το σταθερό με τη βοήθεια ενός ρουλεμάν έτσι ώστε να μειώνονται στο ελάχιστο οι τριβές για να γίνεται η περιστροφή του κινητού μέρους από τον αέρα πιο εύκολα. Τα παραπάνω φαίνονται παραστατικά στο σχήμα 2.6:



Σχήμα 2.6: Η δομή του ανεμοδείκτη

Ας δούμε όμως λίγο πιο αναλυτικά το ρόλο του κάθε στοιχείου που απαρτίζει τον ανεμοδείκτη και ας αρχίσουμε πρώτα από το κινητό μέρος. Το κινητό μέρος, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω αποτελείται από έναν άξονα ο οποίος στο ένα άκρο του έχει ένα βέλος και κοντά στο άλλο άκρο του έχει προσαρμοσμένο ένα δίσκο. Το βέλος έχει στο ένα άκρο του ένα τριγωνικού σχήματος φτερό το οποίο προκαλεί αντίσταση στον αέρα. Η αντίσταση αυτή έχει ως αποτέλεσμα να περιστρέφεται όλο το κινητό μέρος του ανεμοδείκτη και να σταθεροποιείται με τη μύτη του να δείχνει προς τη μεριά απ' όπου έρχεται ο αέρας. Η μύτη δεν έχει προστεθεί στο βέλος μόνο για λόγους αισθητικής, αλλά και για να αντισταθμίζει το βάρος του φτερού ώστε να είναι το σύστημα στη μεγαλύτερη δυνατή ισορροπία. Ο δίσκος που είναι προσαρμοσμένος στο κινητό μέρος βοηθάει στην εξακρίβωση της διεύθυνσης του ανέμου. Ο δίσκος αυτός είναι ένας απλός μπρούντζινος δίσκος απ' τον οποίο έχουν αφαιρεθεί ορισμένοι τομείς ενός νοητού εξωτερικού δαχτυλιδιού του. Έτσι κάθε φορά οι τρεις οπτοδιακόπτες βλέπουν είτε κομμένο τομέα κι έρχονται σε κατάσταση on είτε μη κομμένο τομέα κι έρχονται σε κατάσταση off, ανάλογα με τη θέση στην οποία βρίσκεται ο δίσκος. Είναι αυτονόητο ότι η θέση αυτή που θα είναι ο δίσκος εξαρτάται από τη διεύθυνση που έχει σταθεροποιήσει ο άνεμος το κινητό μέρος. Οι τομείς του εξωτερικού δαχτυλιδιού πρέπει να αφαιρεθούν με τέτοιο τρόπο ώστε ο ανεμοδείκτης μας να έχει δυνατότητα αναγνώρισης οκτώ διαφορετικών καταστάσεων της διεύθυνσης του ανέμου: Βοριάς (N), Νότιας (S), Ανατολικός (E), Δυτικός (W), Βόρειο-δυτικός (NW), Βόρειο-ανατολικός (NE), Νότιο-δυτικός (SW) και Νότιο-ανατολικός (SE). Οι καταστάσεις αυτές είναι αρκετές για ένα σύστημα συλλογής μετεωρολογικών μεγεθών. Τις καταστάσεις αυτές μπορούμε να τις κωδικοποιήσουμε με 3 bit για να κάνουμε πιο απλή και πιο οικονομική την

κατασκευή του ανεμοδείκτη. Ένας τρόπος κοπής του δίσκου για να υλοποιεί τα παραπάνω, φαίνεται παρακάτω στο σχήμα 2.7:



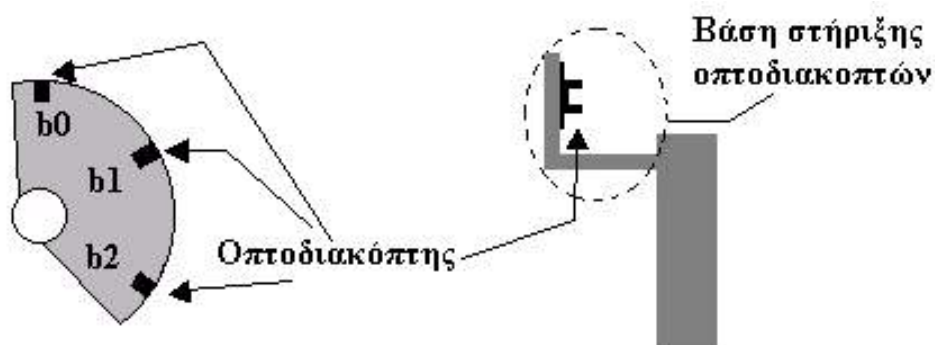
Σχήμα 2.7: Ο δίσκος του κινητού μέρους

Ο δίσκος όπως βλέπουμε στο σχήμα 2.7, έχει ένα εξωτερικό δαχτυλίδι το οποίο είναι χωρισμένο σε οκτώ ίσα μέρη και είναι κομμένο στα σημεία με λευκό χρώμα. Τα b_0 , b_1 και b_2 είναι οι οπτοδιακόπτες που χρησιμοποιούμε και όπως βλέπουμε είναι τοποθετημένοι σε τρεις διαδοχικούς τομείς με απόσταση μεταξύ τους ίση με το μήκος της χορδής που σχηματίζει το τόξο ενός τομέα. Τα b_0 , b_1 , b_2 θα δίνουν έξοδο λογικού 0 αν μαύρο τμήμα (μη κομμένο) του δίσκου είναι σταματημένο σ' αυτά και λογικού 1 αν είναι λευκό (κομμένο). Ο παραπάνω τρόπος κοπής του δίσκου, ο οποίος ουσιαστικά είναι ένας οπτικός κωδικοποιητής, βρέθηκε πειραματικά και μας δίνει οκτώ διαφορετικούς συνδυασμούς των εξόδων των b_0 , b_1 , b_2 ανάλογα με τη θέση που είναι σταματημένος δηλαδή ανάλογα με το που έχει σταθεροποιήσει ο άνεμος το κινητό μέρος του ανεμοδείκτη, μια και οι οπτοδιακόπτες είναι κομμάτια του σταθερού μέρους. Στον παρακάτω πίνακα (πίνακα 2.1) φαίνονται οι καταστάσεις των εξόδων των b_0, b_1, b_2 , ανάλογα με το που είναι σταματημένος ο δίσκος. Σημειώνουμε ότι θεωρήσαμε πως **ο ανεμοδείκτης δείχνει το Βορά αν ο δίσκος είναι σταματημένος όπως φαίνεται στο σχήμα 2.6**, δηλαδή και οι τρεις οπτοδιακόπτες έχουν έξοδο λογικού 0.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1

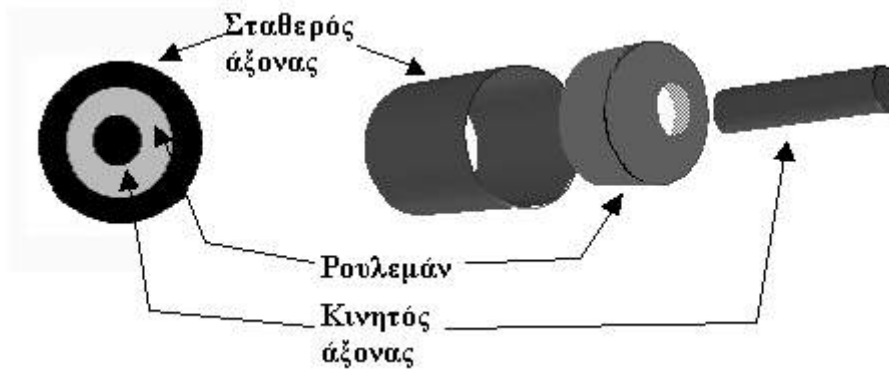
Διεύθυνση ανέμου	Έξοδοι οπτοδιακοπών		
	b0	b1	b2
N	0	0	0
NE	1	0	0
E	0	1	0
SE	1	0	1
S	1	1	0
SW	1	1	1
W	0	1	1
NW	0	0	1

Ας αναλύσουμε όμως λίγο και το σταθερό μέρος του ανεμοδείκτη. Το σταθερό μέρος χρησιμεύει για τη στήριξη των οπτοδιακοπών αλλά και για τη στήριξη ολόκληρου του συστήματος του ανεμοδείκτη στο σημείο που θα τον τοποθετήσουμε. Αποτελείται από ένα άξονα μεγαλύτερης διαμέτρου από αυτόν του κινητού μέρους, και πάνω του έχει προσαρμοστεί μια μπρούντζινη βάση όπως φαίνεται στο σχήμα 2.8 πάνω στο οποίο είναι στερεωμένοι οι οπτοδιακόπτες.



Σχήμα 2.8: Αριστερά φαίνεται η κάτοψη της βάσης στην οποία στηρίζονται οι οπτοδιακόπτες και δεξιά φαίνεται πως είναι στερεωμένος ένας οπτοδιακόπτης.

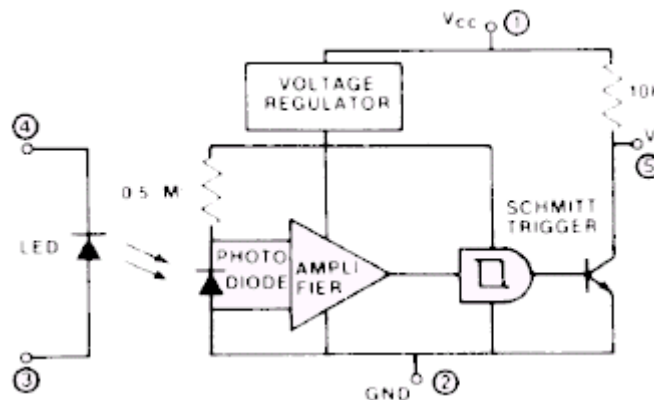
Το κινητό μέρος ενώνεται με το σταθερό με τη βοήθεια ενός ρουλεμάν. Η χρήση του ρουλεμάν μας διασφαλίζει την ελεύθερη περιστροφή του κινητού μέρους με τις λιγότερες δυνατές τριβές. Στο σχήμα 2.9 φαίνεται ο τρόπος με τον οποίο προσαρμόζονται ο σταθερός, ο κινητός άξονας και το ρουλεμάν.



Σχήμα 2.9: Ο σταθερός άξονας, ο κινητός άξονας και το ρουλεμάν. Αριστερά μια κάτοψη τους και δεξιά μια τρισδιάστατη απεικόνιση τους.

Ο σταθερός άξονας είναι από συμπαγές μέταλλο στο οποίο με χρήση τόννου ανοίχτηκε στο ένα του άκρο μια κυκλική τομή στις διαστάσεις του ρουλεμάν και στη συνέχεια το ρουλεμάν σφηνώθηκε στο σταθερό άξονα. Με τη βοήθεια του τόννου κάναμε και τη διάμετρο του κινητού άξονα ίση με τη διάμετρο της εσωτερικής οπής του ρουλεμάν έτσι ώστε να σφηνωθεί και ο κινητός άξονας. Στο συνοδευτικό CD-ROM υπάρχουν φωτογραφίες του ανεμοδείκτη.

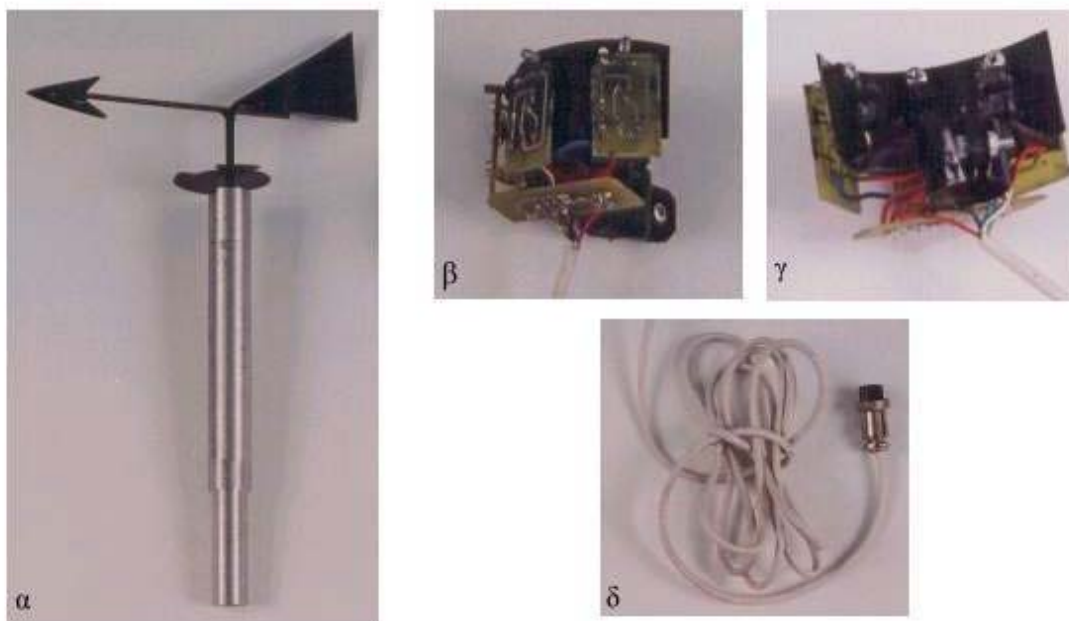
Ας δούμε όμως λίγα χαρακτηριστικά των τριών οπτοδιακοπών που χρησιμοποιήθηκαν. Στο σχήμα 2.10 φαίνεται η δομή αυτών των οπτοδιακοπών:



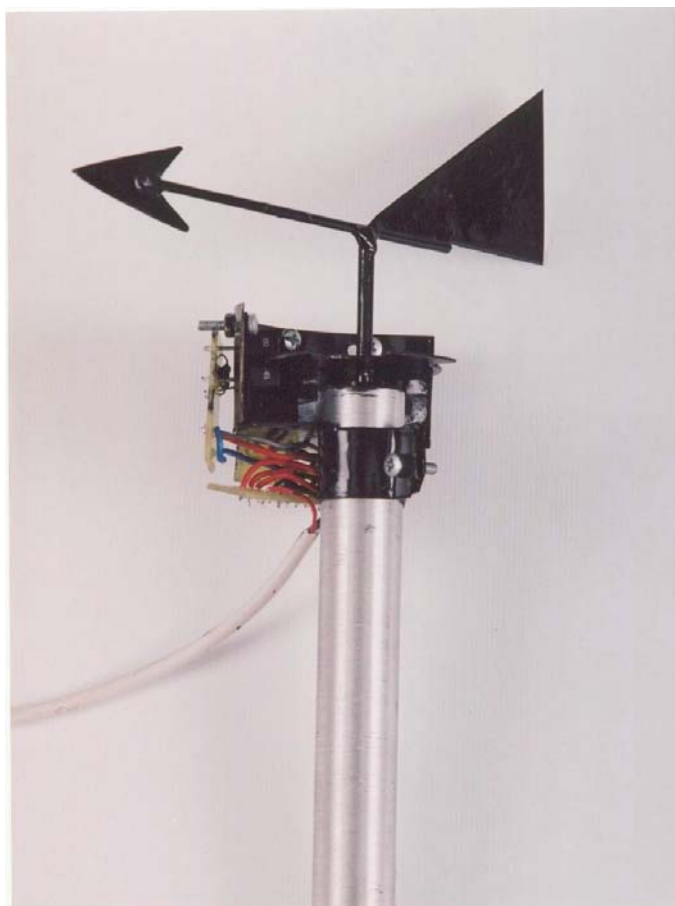
Σχήμα 2.10: Η δομή του οπτοδιακόπτη 2601

Οι οπτοδιακόπτες (opto-switches) που χρησιμοποιούμε είναι οι 2601 της RS components, και είναι εξαρτήματα τα οποία έχουν για πομπό ένα LED και για δέκτη μια φωτοδίοδο και η έξοδος τους γίνεται λογικό 0 αν παρεμβάλλεται εμπόδιο μεταξύ πομπού – δέκτη και λογικό 1 αν δεν παρεμβάλλεται. Το ρόλο του εμποδίου παίζει ο δίσκος που έχουμε προσαρμόσει στον κινητό άξονα του ανεμοδείκτη.

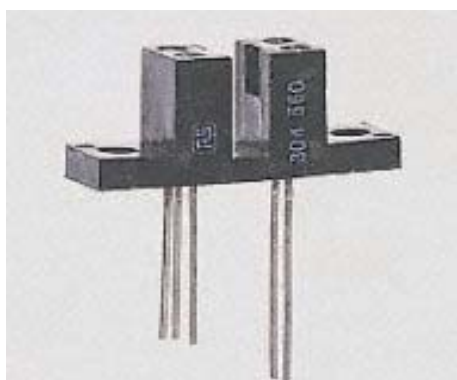
Όπως παρατηρούμε και από το σχήμα 2.10 ο δέκτης του 2601 δεν αποτελείται μόνο από τη φωτοδίοδο αλλά είναι στην ουσία πρόκειται για ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα που έχει ενσωματωμένο ένα σταθεροποιητή τάσης, έναν ενισχυτή, μια πύλη τύπου Schmitt Trigger και ένα τρανζίστορ σε λειτουργία διακόπτη. Έτσι έχει τη δυνατότητα να συνδεθεί άμεσα στο μικροελεγκτή του συστήματος μας κάνοντας με αυτόν τον τρόπο πιο εύκολο το σχεδιασμό του. Όλο το κύκλωμα (πομπού – δέκτη) του εξαρτήματος (σχήμα 2.10) είναι τοποθετημένα μέσα στο ίδιο κέλυφος, όπως φαίνεται στην εικόνα 2.9, με αποτέλεσμα η προσαρμογή του στον ανεμοδείκτη να επιτυγχάνεται σχετικά εύκολα.



Εικόνα 2.7: Τα επιμέρους τμήματα του ανεμοδείκτη: α) Φαίνονται ο κινητός και ο σταθερός άξονας, ο δίσκος και το βέλος, β) Το εξωτερικό μέρος της βάσης στήριξης των οπτοδιακοπών και οι πλακέτες τους, γ) Το εσωτερικό μέρος της βάσης στήριξης με τους οπτοδιακόπτες προσαρμοσμένους και δ) το καλώδιο και ο συνδετήρας



Εικόνα 2.8: Ο ανεμοδείκτης συναρμολογημένος



Εικόνα 2.9: Ο οπτοδιακόπτης 2601

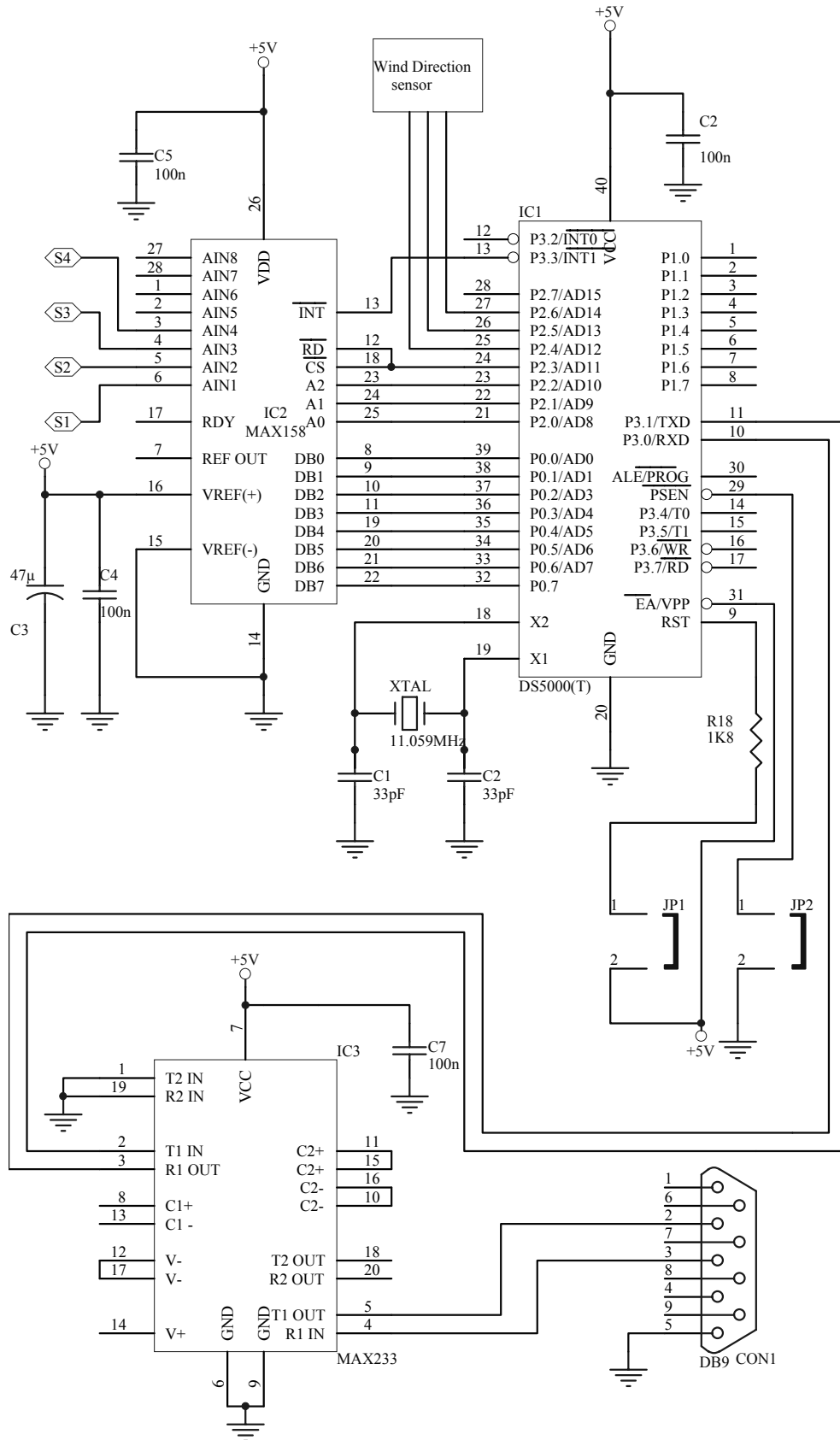
Κεφάλαιο 3^ο

Υπολογισμός και ανάλυση των κυκλωμάτων

3.1 Το κύκλωμα του κυρίως μέρους του συστήματος

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο το κύριο μέρος του συστήματός μας αποτελείται από τρία βασικά εξαρτήματα: το μικροελεγκτή DS5000(T), το μετατροπέα από αναλογικό σε ψηφιακό (MAX158) και τον RS-232 Οδηγό /Δέκτη (Driver/Receiver) MAX233. Η σύνδεσή τους φαίνεται στην επόμενη σελίδα, στο σχήμα 3.1 και όπως παρατηρούμε δεν είναι ιδιαίτερα δύσκολη. Ας αναλύσουμε όμως τη λειτουργία του κυκλώματος του σχήματος 3.1.

Στις εισόδους AIN1, AIN2, AIN3 και AIN4 του ADC συνδέονται αντίστοιχα οι έξοδοι των κυκλωμάτων των αισθητηρίων S1, S2, S3 και S4, όπου S1 είναι η έξοδος του κυκλώματος του αισθητηρίου θερμοκρασίας, S2 είναι του κυκλώματος του αισθητηρίου υγρασίας, S3 είναι του κυκλώματος του αισθητηρίου πίεσης και S4 είναι του κυκλώματος του ανεμόμετρου (ο ανεμοδείκτης συνδέεται απ' ευθείας στους ακροδέκτες 25, 26 και 27 του μικροελεγκτή, αφού το κύκλωμά του έχει απ' ευθείας ψηφιακή έξοδο). Τα δεδομένα μεταφέρονται παράλληλα από τους ακροδέκτες DB0 – DB7 του ADC στη θύρα (port) P0 του μικροελεγκτή. Στους τρεις πρώτους ακροδέκτες της δεύτερης θύρας (P2) του μικροελεγκτή συνδέονται οι ακροδέκτες A2, A1 και A0 του ADC οι οποίοι καθορίζουν από ποια είσοδό του θα γίνεται μέτρηση. Στον τέταρτο ακροδέκτη (P2.3) του συνδέονται οι ακροδέκτες \overline{CS} και \overline{RD} του ADC. Σ' αυτούς δίνεται εντολή από το μικροελεγκτή για το πότε θα κάνει μέτρηση ο ADC. Οι ακροδέκτες αυτοί πρέπει να βρίσκονται συνέχεια στην υψηλή στάθμη (High) και όταν πέφτουν στη χαμηλή (Low) τότε παίρνει εντολή ο ADC να πάρει μέτρηση από την είσοδο που ορίζουν τα A2, A1 και A0. Όταν τελειώσει τη μέτρηση ο ADC τότε



Σχήμα 3.1: Το σχηματικό διάγραμμα του κυρίου μέρους του συστήματος.

διακόπτει τον μικροελεγκτή θέτοντας στη χαμηλή στάθμη (Low) τον ακροδέκτη \overline{INT} που οδηγεί τον ακροδέκτη $\overline{INT1}$ του μικροελεγκτή. Έπειτα ο μικροελεγκτής, ο οποίος έχει προγραμματιστεί κατάλληλα, αναλαμβάνει να επεξεργαστεί τα δεδομένα.

Το MAX233, όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο κάνει τις κατάλληλες μετατροπές στις στάθμες του σήματος της σειριακής επικοινωνίας του μικροελεγκτή και του ηλεκτρονικού υπολογιστή ώστε να γίνει εφικτή αυτή η επικοινωνία. Έτσι οι ακροδέκτες της σειριακής θύρας του μικροελεγκτή (TXD και RXD) συνδέονται αντίστοιχα στους T1IN και R1OUT του MAX233 ενώ οι T1OUT και R1IN συνδέονται αντίστοιχα στους ακροδέκτες 2 και 3 ενός συνδετήρα (connector) των 9 ακροδεκτών τύπου RS-232. Ας αναλύσουμε όμως το ρόλο των υπόλοιπων εξαρτημάτων του κυκλώματος:

Ο ADC μετατρέπει την αναλογική τάση που έχει στις εισόδους του χρησιμοποιώντας μια τάση αναφοράς, η οποία καθορίζει και τα όρια της αναλογικής τάσης εισόδου που μπορεί να γίνει κατανοητή από τον ADC. Η τάση αναφοράς αυτή είναι η διαφορά δυναμικού μεταξύ των ακροδεκτών VREF (+) και VREF (-) του ADC. Στο κύκλωμά μας χρησιμοποιούμε σαν τάση αναφοράς την τάση τροφοδοσίας του κυκλώματος (+5V), γι' αυτό γειώνουμε το VREF (-) και το VREF (+) το συνδέουμε στην τροφοδοσία. Έτσι ο ADC μπορεί να καταλάβει αναλογικές τάσεις οι οποίες βρίσκονται μεταξύ 0 και 5V. Οι πυκνωτές C4 και C3 χρησιμοποιούνται για απόζευξη και εξομάλυνση αυτής της τάσης αναφοράς.

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο το σύστημα έχει δυνατότητα εύκολης αναβάθμισης του προγράμματος του μικροελεγκτή. Αυτό είναι εφικτό επειδή ο DS5000(T) προγραμματίζεται άμεσα από τη σειριακή θύρα χωρίς τη χρήση ειδικού προγραμματιστή. Το μόνο που χρειάζεται είναι να γειωθεί ο ακροδέκτης \overline{EA} και ο RST να οδηγηθεί μέσω μιας αντίστασης 1,8KΩ στην τροφοδοσία. Αυτό γίνεται με τη βοήθεια της αντίστασης R18 και των βραχυκυκλωτήρων (jumpers) JP1 και JP2. Έτσι για να αναβαθμίσει κανείς το πρόγραμμα του μικροελεγκτή του συστήματος αρκεί να κλείσει την τροφοδοσία του συστήματος να βραχυκυκλώσει τα JP1 και JP2 και να ανοίξει την τροφοδοσία. Ο προγραμματισμός γίνεται με τη βοήθεια του προγράμματος KIT5 το οποίο υπάρχει στο συνοδευτικό CD-ROM. Στο CD-ROM

υπάρχουν και πιο λεπτομερείς οδηγίες για την αναβάθμιση του προγράμματος του μικροελεγκτή του συστήματος.

Το δικτύωμα που αποτελείται από τον κρύσταλλο (XTAL) και τους πυκνωτές C1 και C2 δίνει το χρονισμό στο μικροελεγκτή, ενώ οι πυκνωτές C5, C6 και C7 χρησιμοποιούνται για απόζευξη. Τέλος οι υπόλοιπες συνδέσεις που φαίνονται στο σχήμα πραγματοποιήθηκαν με βάση τις οδηγίες των κατασκευαστών των τριών βασικών εξαρτημάτων του κυρίου μέρους.

3.2 Το κύκλωμα του LM35

Όπως είδαμε και στην παράγραφο 2.4.1, το αισθητήριο θερμοκρασίας LM35, της National Semiconductor, είναι ένα αισθητήριο μεγάλης ακρίβειας και γραμμικότητας που είναι ρυθμισμένο να μας δίνει έξοδο 0V στους 0° C ενώ η μεταβολή της τάσης εξόδου του είναι 10mV για κάθε μεταβολή 1 °C σύμφωνα με τη σχέση:

$$V_{out} = T \cdot 10mV \quad (3.1)$$

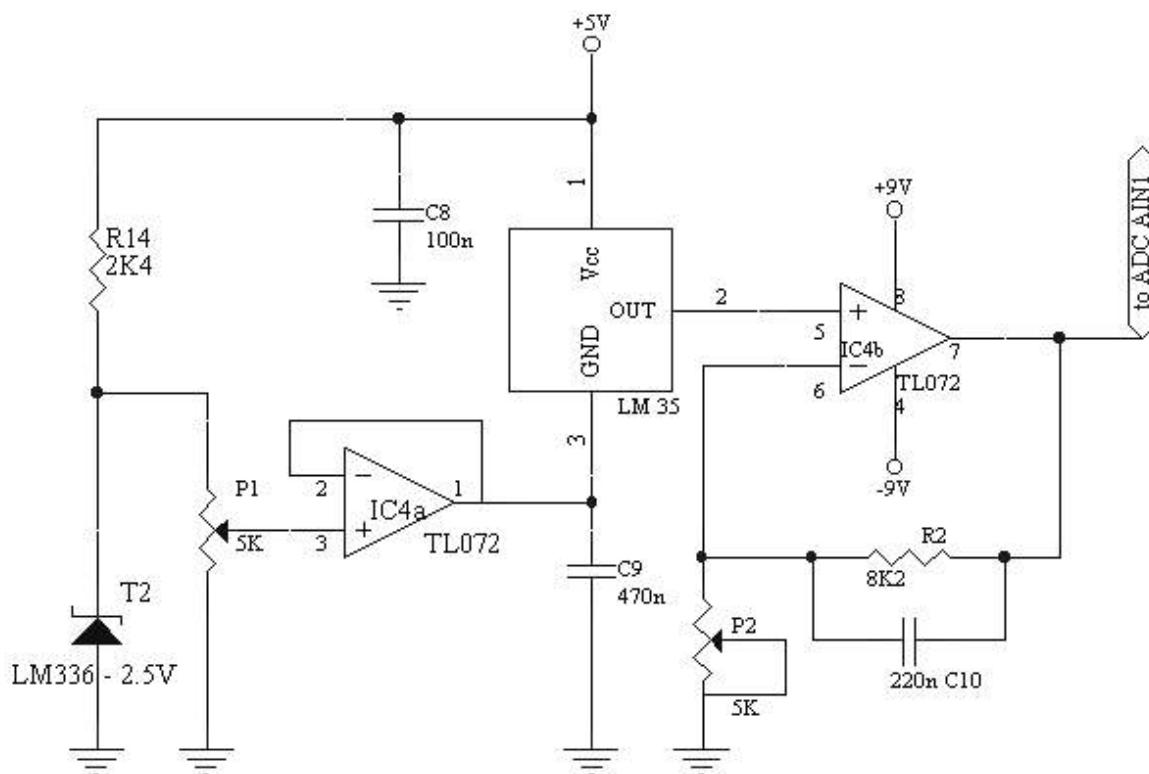
όπου T η μετρούμενη είναι η θερμοκρασία σε °C. Οπότε στις αρνητικές θερμοκρασίες θα μας δίνει αρνητικές τάσεις. Όμως ο A/D converter που χρησιμοποιούμε δέχεται μόνο θετικές τάσεις στις εισόδους του, συνεπώς δεν μπορούμε να έχουμε λήψη αρνητικών τιμών θερμοκρασίας. Το πρόβλημα λύνεται αν πολώσουμε το αισθητήριο όπως φαίνεται παρακάτω στο σχήμα.3.2:

Όπως φαίνεται στο σχήμα 3.2 το αισθητήριο δε γειώνεται απ' ευθείας στα 0V, αλλά σε μια τάση (V_{C9}). Η τάση αυτή μπορεί να ρυθμιστεί με το ποτενσιόμετρο P1, οπότε η έξοδος του LM35 ως προς τη γη θα είναι:

$$V_{out} = V_{C9} + T \cdot 10mV \quad (3.2)$$

Η τάση αναφοράς V_{C9} δεν δημιουργείται με ένα απλό διαιρέτη τάσης αλλά με τη βοήθεια της πηγής τάσης αναφοράς LM336, εξασφαλίζοντας έτσι τη σταθερότητά της και οδηγείται στον C9 μέσω του απομονωτή (Buffer) IC4a. Ο buffer αυτός δημιουργείται με τη βοήθεια του τελεστικού ενισχυτή TL072 ο οποίος είναι ένα

ολοκληρωμένο κύκλωμα που έχει δύο τελεστικούς ενισχυτές, χαμηλού θορύβου και πολύ υψηλής αντίστασης εισόδου, στο ίδιο κέλυφος.



Σχήμα 3.2: Το κύκλωμα του αισθητηρίου θερμοκρασίας

Με τη βοήθεια της V_{C9} μπορούμε να καθορίσουμε τη μικρότερη τιμή θερμοκρασίας (T_{\min}) που θα μπορεί να γίνει αντιληπτή από το σύστημα. Στη θερμοκρασία T_{\min} πρέπει $V_{\text{out}} = 0V$. Έτσι για θερμοκρασία $T_{\min} = -20 \text{ } ^\circ C$, με τη βοήθεια της σχέσης (3.2) θα έχουμε:

$$0V = V_{C9} + (-20 \cdot 10mV) \Rightarrow$$

$$V_{C9} = 200mV \quad (3.3)$$

Οπότε για $V_{C9} = 200mV$ η έξοδος του LM 35 ως προς τη γη φαίνεται παρακάτω στον πίνακα 3.1.

Ο A/D converter έχει ανάλυση 8 bit δηλαδή έχει 256 στάθμες και επειδή χρησιμοποιούμε τάση αναφοράς 5V θα έχει βήμα β :

$$\beta = \frac{5000mV}{256} = 19,53mV \quad (3.4)$$

T (°C)	V _{out} (mV)
-20	0
-10	100
0	200
10	300
20	400
30	500
40	600
50	700
60	800

Πίνακας 3.1: Οι τάσεις εξόδου του LM35 συναρτήσει της θερμοκρασίας χρησιμοποιώντας την τεχνική της εικονικής γείωσης.

Όμως, το LM 35 έχει μεταβολή 10mV/° C, οπότε ο A/D converter δεν θα αντιλαμβάνεται μεταβολές της θερμοκρασίας μικρότερες από 2° C. Το σύστημα μας πρέπει να είναι ικανό να αντιλαμβάνεται μεταβολές της τάξεως των 0,5° C. Αυτό μπορούμε να το πετύχουμε με ενίσχυση του σήματος εξόδου του LM35 κατά τέσσερις φορές, αφού έτσι θα έχουμε μεταβολή 40mV/° C, οπότε για μεταβολή της θερμοκρασίας κατά 0,5 °C θα έχουμε μεταβολή 20mV της τάσης εξόδου του LM35, η οποία μπορεί να γίνει αντιληπτή από τον A/D converter. Για την ενίσχυση της εξόδου του LM35 χρησιμοποιούμε τον άλλο τελεστικό ενισχυτή του TL072, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.2. Έτσι η τελική έξοδος του κυκλώματος μας θα δίδεται από τη σχέση:

$$V_{out} = 4 \cdot (V_{C9} + T \cdot 10)mV \quad (3.5)$$

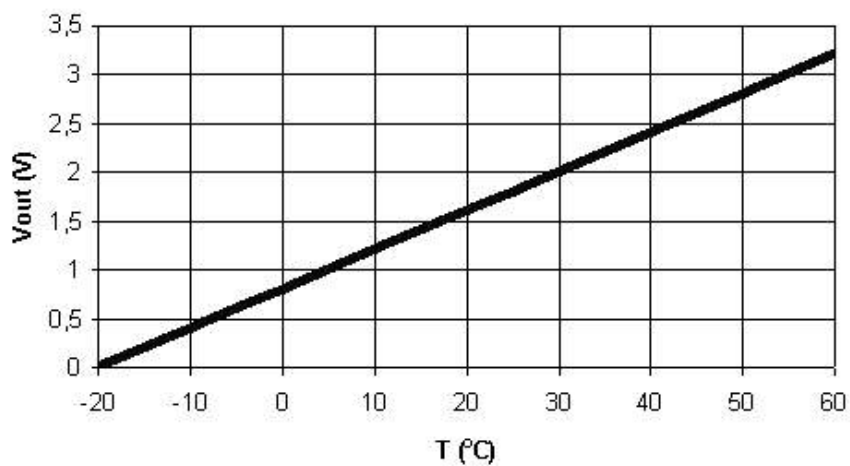
Μερικές τιμές που προκύπτουν από αυτή την εξίσωση φαίνονται παρακάτω στον πίνακα 3.2 και στο σχήμα 3.3 βλέπουμε τη γραφική παράσταση της εξόδου του κυκλώματος συναρτήσει της θερμοκρασίας.

Όπως βλέπουμε από τον πίνακα 3.2 και από το σχήμα 3.3, τα όρια της τάξεως εξόδου του κυκλώματος του σχήματος 3.2 είναι μέσα στα όρια των τάσεων που

μπορεί να αναγνωρίσει ο ADC που χρησιμοποιούμε, και ακόμα οι θερμοκρασίες είναι κατάλληλες για μετεωρολογικές μετρήσεις

T (°C)	V _{out} (V)
-20	0
-10	0,4
0	0,8
10	1,2
20	1,6
30	2,0
40	2,4
50	2,8
60	3,2

Πίνακας 3.2: Οι τιμές της τάσεως εξόδου του κυκλώματος σε σχέση με τη θερμοκρασία.

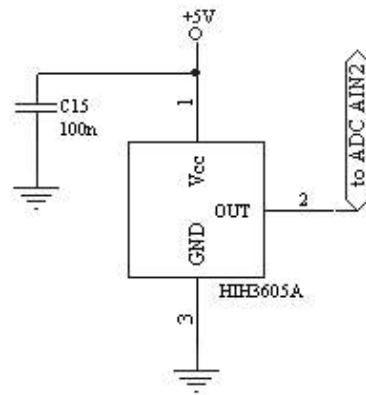


Σχήμα 3.3

Τέλος, στο κύκλωμα του σχήματος 3.2, το ποτενσιόμετρο P2 χρησιμοποιείται για τη ρύθμιση της ενίσχυσης, οι πυκνωτές C8 και C9 για απόζευξη και ο πυκνωτής C10 για να φιλτράρει το θόρυβο.

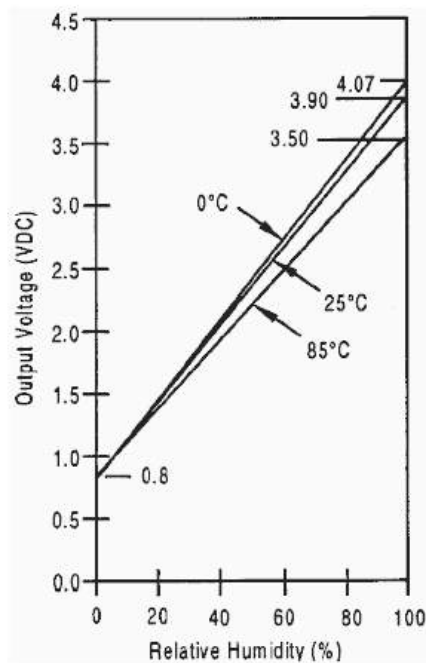
3.3 Το κύκλωμα του H1H-3605-A

Το κύκλωμα του αισθητηρίου υγρασίας είναι το απλούστερο κύκλωμα του συστήματος μας, όπως βλέπουμε και παρακάτω στο σχήμα 3.4:



Σχήμα 3.4: Το κύκλωμα του αισθητηρίου υγρασίας

Το κύκλωμα είναι τόσο απλό επειδή τα όρια της τάσεως εξόδου του είναι μέσα στα όρια λειτουργίας του ADC που χρησιμοποιούμε. Συγκεκριμένα η τάση εξόδου του αισθητηρίου, για $V_{CC} = 5V$, σε σχέση με το ποσοστό της υγρασίας φαίνεται στο σχήμα 3.5:



Σχήμα 3.5: Η τάση εξόδου του H1H-3605-A συναρτήσει της σχετικής υγρασίας για θερμοκρασίες 0° C, 25° C και 85° C.

Όπως βλέπουμε από το παραπάνω σχήμα η έξοδος του αισθητηρίου είναι γραμμική και τα όρια της είναι μέσα στο πεδίο λειτουργίας του A/D converter που χρησιμοποιούμε, οπότε μπορούμε να συνδέσουμε απ' ευθείας το αισθητήριο σε μια είσοδο του. Η τάση εξόδου του αισθητηρίου δίνεται από τη σχέση:

$$V_{out} = V_{CC} \cdot (0,0062 \cdot (sensorRH) + 0,16) \quad (3.6)$$

Από το σχήμα 3.5 φαίνεται ότι η έξοδος επηρεάζεται ελαφρώς και από τη θερμοκρασία. Αφού όμως στο σύστημα μας παίρνουμε και μετρήσεις θερμοκρασίας μπορούμε να κάνουμε αντιστάθμιση αυτής της επιρροής σύμφωνα με τη σχέση που δίνει ο κατασκευαστής:

$$TrueRH = (SensorRH) / 1,0546 - 0,00216 \cdot T \quad (3.7)$$

όπου T η θερμοκρασία σε °C. Από τη σχέση 3.7 έχουμε:

$$SensorRH = \frac{TrueRH}{1,0546 - 0,00216 \cdot T} \quad (3.8)$$

Έτσι η πραγματική τιμή της τάσεως εξόδου θα δίνεται από τη σχέση (3.6) αν στη θέση SensorRH βάλουμε τη σχέση 3.8:

$$V_{out} = V_{CC} \cdot (0,0062 \cdot \frac{TrueRH}{1,0546 - 0,00216 \cdot T} + 0,16) \quad (3.9)$$

3.4 Το κύκλωμα του NPP301

Όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 2.4.3, το NPP-301 είναι ένα αισθητήριο πίεσης, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για μετρήσεις βαρομετρικής πίεσης, και η λειτουργία του βασίζεται σε μια γέφυρα Wheatstone που αποτελείται από πιεζοαντιστάσεις. Αναφέρθηκε επίσης ότι έχει σήμα εξόδου αναλογική διαφορική τάση μεταξύ των ακροδεκτών 2 και 6 (βλέπε σχήμα 2.4), δηλαδή η

διαφορά δυναμικού μεταξύ των ακροδεκτών αυτών μεταβάλλεται ανάλογα με τη μεταβολή της ατμοσφαιρικής πίεσης. Το αισθητήριο αυτό θα πρέπει να το συνδέσουμε στον ADC που χρησιμοποιούμε για να μετατρέψουμε την αναλογική τάση που βγάζει σε ψηφιακή έτσι ώστε να μπορούμε να την επεξεργαστούμε. Για να γίνει όμως αυτό πρέπει η διαφορική τάση αυτή να εκφραστεί ως προς τη γη, αφού ο ADC χρησιμοποιεί και αυτός σαν τάση με αναφορά τη γη. Επιπλέον πριν οδηγήσουμε την εκφρασμένη ως προς γη τάση εξόδου του ADC πρέπει να την ενισχύσουμε αφού οι μεταβολές της είναι πολύ μικρές. Πρέπει λοιπόν να σχεδιάσουμε ένα κύκλωμα που να έχει τις παραπάνω λειτουργίες. Ας δούμε λοιπόν τη διαδικασία σχεδιασμού ενός τέτοιου κυκλώματος:

Το NPP301 έχει διαφορική έξοδο και η ευαισθησία του, σύμφωνα με τον κατασκευαστή του είναι $1,33\text{mV/V/psi}$ (pounds per square inch). Η βαθμονόμηση όμως που θέλουμε πρέπει να είναι σε κλίμακα hPa. Αφού όμως $1\text{ psi} = 68,948\text{ hPa}$ η ευαισθησία θα είναι: $0,0193\text{mV/V/hPa}$. Αν θεωρήσουμε ότι έχουμε τάση τροφοδοσίας 5V , τότε η ευαισθησία θα είναι:

$$0,0965\text{mV/hPa} \quad (3.10)$$

Στην κλίμακα hPa οι τιμές της βαρομετρικής πίεσης κυμαίνονται από 960 έως 1050 hPa περίπου, στην επιφάνεια της θάλασσας. Το κάτω όριο όμως μειώνεται όσο το υψόμετρο αυξάνεται. Έτσι το σύστημα πρέπει να ρυθμιστεί στο μικρότερο δυνατό κάτω όριο βαρομετρικής πίεσης ώστε να μπορέσει να χρησιμοποιηθεί και σε περιοχές με μεγάλο υψόμετρο. Λόγο του ADC που χρησιμοποιούμε έχουμε τη δυνατότητα να αντιληφθούμε 256 διαφορετικές τιμές. Έτσι με βάση τα παραπάνω θα ρυθμίσουμε το σύστημα μας να μπορεί να παίρνει μετρήσεις της βαρομετρικής πίεσης από 800 έως 1056 hPa έτσι ώστε στα 800 hPa να έχουμε έξοδο 0V και στα 1056 hPa να έχουμε έξοδο 5V . Η διαδικασία είναι η εξής:

Πολλαπλασιάζουμε το κάτω όριο με τη ευαισθησία για να βρούμε τη μεταβολή της τάσης εξόδου του αισθητηρίου και είναι:

$$800\text{hPa} \cdot 0,0965\text{mV/hPa} = 77,2\text{mV} \quad (3.11)$$

Ομοίως για το άνω όριο έχουμε:

$$1056hPa \cdot 0,0965mV / hPa = 101,9mV \quad (3.12)$$

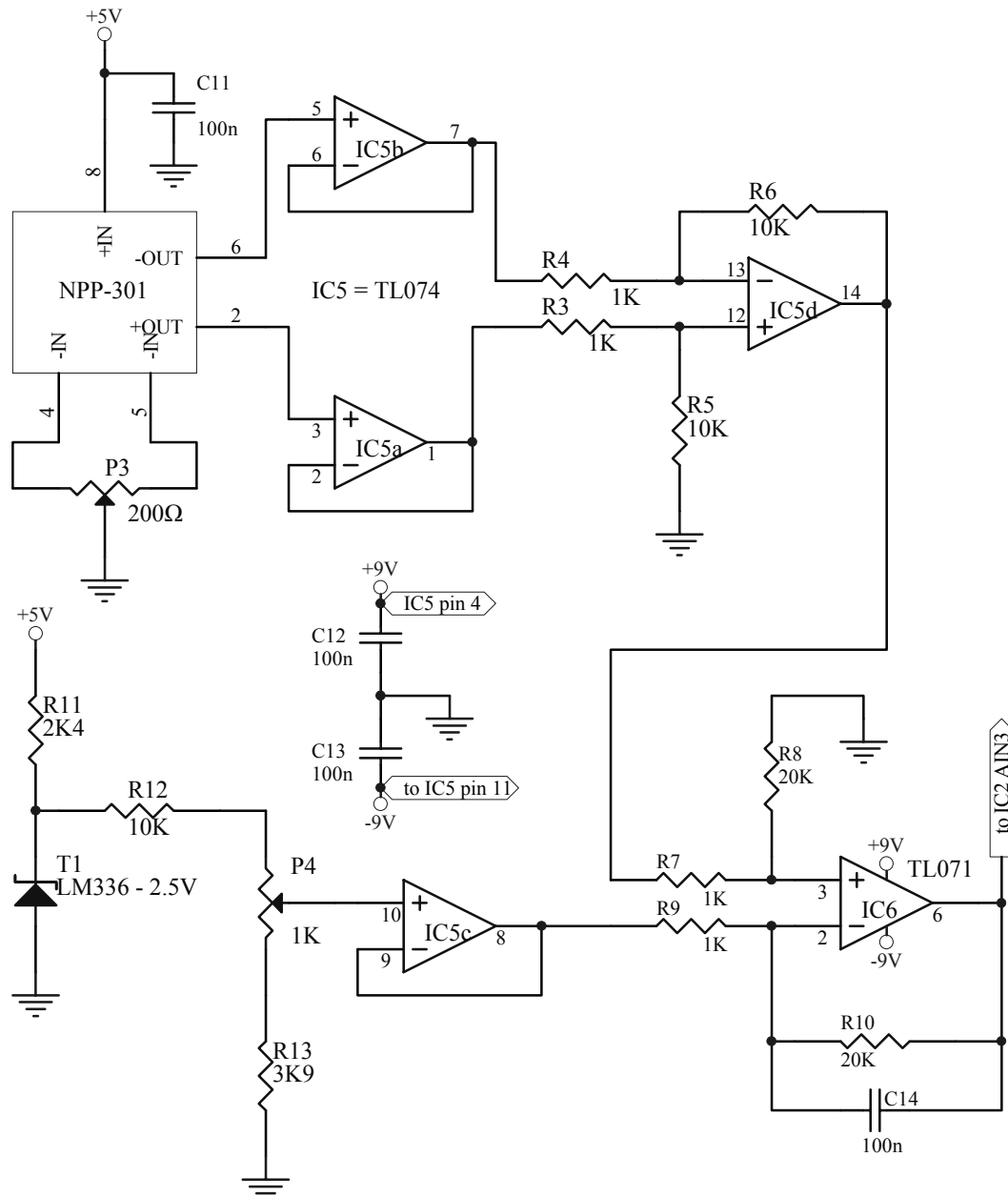
Έτσι για να έχουμε στο κάτω όριο 0V πρέπει να αφαιρέσουμε από τις σχέσεις 3.11 και 3.12 την τιμή 77,2 mV που είναι και η τιμή εξόδου του κάτω ορίου πίεσης. Οπότε θα είναι στα 800 hPa 0 mV και στα 1056 hPa $101,9 - 77,2 = 24,7 mV$. Η υλοποίηση όμως ενός κυκλώματος που να κάνει αφαίρεση 77,2 mV είναι δύσκολη γιατί είναι δύσκολο να πετύχουμε με μεγάλη ακρίβεια μια τάση αναφοράς τόσο μικρή. Αυτό λύνεται αν πολλαπλασιάσουμε επί 10 τις εξόδους που προκύπτουν από τις σχέσεις 3.11 και 3.12, έτσι αντί να πρέπει να δημιουργήσουμε μια τάση αναφοράς 77,2 mV θα πρέπει να δημιουργήσουμε μια 772 mV, κάτι που είναι πολύ πιο εύκολο να γίνει. Έτσι στα 1056 hPa θα έχουμε τάση εξόδου 247 mV. Για μεταβολή ενός hPa θα έχουμε μεταβολή της τάσης κατά $247/256 = 0,965 mV$ οπότε για να γίνουν οι μεταβολές αντιληπτές από τον A/D Converter ο οποίος δεν αναγνωρίζει μεταβολές μικρότερες των 19,5 mV, θα πρέπει να πολλαπλασιαστεί αυτή η μεταβολή κατά $19,5/0,965 = 20,21$ φορές. Δηλαδή ουσιαστικά χρειαζόμαστε ένα κύκλωμα που θα έχει συνάρτηση μεταφοράς:

$$U_o = (U_{dif} \cdot 10 - 772) \cdot 20,21 \quad (3.13)$$

όπου U_o είναι έξοδος του κυκλώματος και U_{dif} η μεταβολή της τάσης εξόδου του αισθητηρίου. Ένα κύκλωμα που υλοποιεί τη σχέση (3.13) φαίνεται στο σχήμα 3.6 στην επόμενη σελίδα.

Ας εξηγήσουμε τη λειτουργία αυτού του κυκλώματος. Το αισθητήριο NPP301 τροφοδοτείται με τάση 5V και ο πυκνωτής C11 χρησιμοποιείται για την απόξευση της. Οι ακροδέκτες 2 και 6 του αισθητηρίου, που είναι οι ακροδέκτες της διαφορικής του εξόδου, οδηγούνται σε δυο απομονωτές (IC5a και IC5b). Ο ρόλος των απομονωτών είναι πολύ σημαντικός γιατί εμποδίζουν τη διαρροή ρεύματος από το αισθητήριο στον ενισχυτή που ακολουθεί και σε μια τέτοια περίπτωση θα είχαμε σημαντικό σφάλμα στη μεταβολή εξόδου του αισθητηρίου και κατ' επέκταση στην ακρίβεια των μετρήσεων. Οι έξοδοι των απομονωτών οδηγούνται στον ενισχυτή διαφοράς IC5d ο οποίος ενισχύει τη διαφορική τάση του αισθητηρίου 10 φορές και

την εκφράζει ως προς τη γη. Στη συνέχεια η έξοδος του ενισχυτή IC5b οδηγείται σε ένα δεύτερο ενισχυτή διαφοράς, τον IC6. Η έξοδος του IC6 είναι η ενίσχυση της εξόδου του IC5b μειωμένης κατά 772mV ($V_{out}(IC6) = (V_{out}(IC5b) - 772mV) \cdot 20$). Ο πυκνωτής C14 χρησιμοποιείται για ολοκλήρωση αλλά και για φιλτράρισμα του θορύβου. Τα 772mV προέρχονται από κύκλωμα που αποτελείται από τα T1, R11, R12, R13, P4 και IC5c.



Σχήμα 3.6: Το σχηματικό διάγραμμα του κυκλώματος του αισθητηρίου NPP301

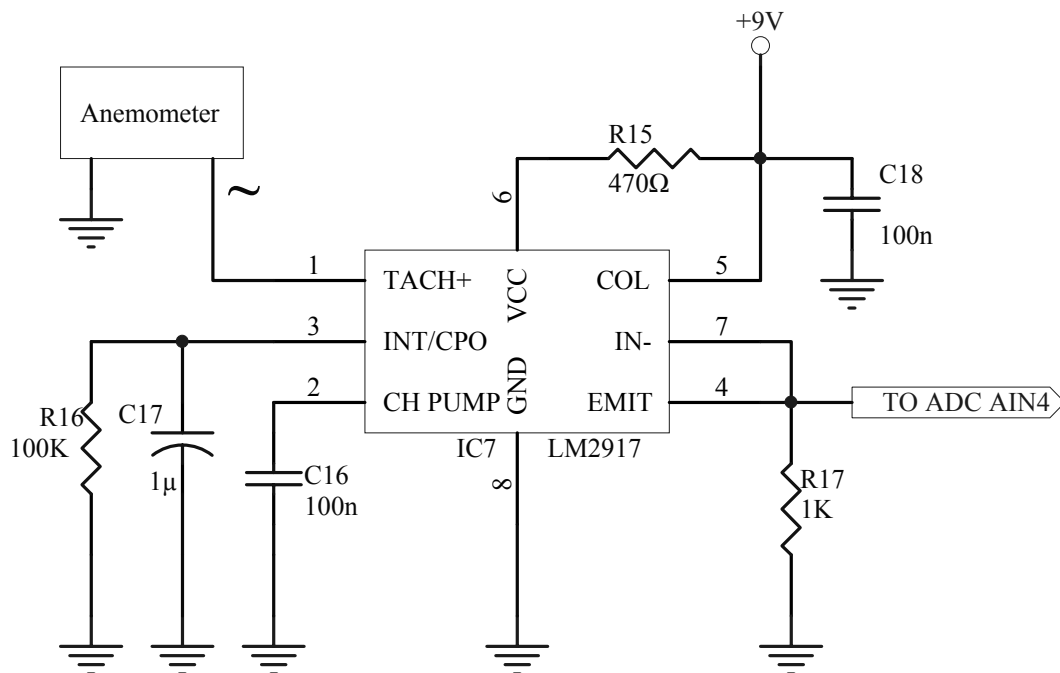
Το T1 είναι η πηγή τάσης αναφοράς LM336 η οποία σταθεροποιεί την τάση στα 2,5V. Τα R12, P4 και R13 συνθέτουν ένα ρυθμιζόμενο διαιρέτη τάσης ο οποίος έχει τάση εξόδου από 760 έως 790 mV. Η τάση εξόδου αυτή οδηγείται στον απομονωτή IC5c ο οποίος χρησιμοποιείται για τους ίδιους λόγους που χρησιμοποιούνται και οι IC5a και IC5b, και στη συνέχεια στον ενισχυτή διαφοράς IC6. Το δικτύωμα που αποτελείται από τους πυκνωτές C12 και C13, φαίνεται στο σχήμα 3.6 απλά και μόνο για να δείχνει τις τάσεις τροφοδοσίας που χρησιμοποιεί το IC5, το οποίο είναι ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα που έχει τέσσερις τελεστικούς ενισχυτές μέσα στο ίδιο κέλυφος.

3.5 Το κύκλωμα του ανεμόμετρου

Στο προηγούμενο κεφάλαιο είδαμε ότι το ανεμόμετρο που χρησιμοποιούμε έχει ημιτονικό σήμα εξόδου με συχνότητα που μεταβάλλεται ανάλογα με την ταχύτητα του ανέμου. Συνεπώς για να το χρησιμοποιήσουμε στο σύστημα μας πρέπει με κάποιο τρόπο η έξοδός του να μετατραπεί σε ψηφιακό σήμα. Ένας από τους τρόπους που υπάρχουν για αυτή τη μετατροπή είναι να χρησιμοποιήσουμε ένα μετατροπέα από συχνότητα σε τάση (Frequency to Voltage Converter ή εν συντομία F/V Converter) και στη συνέχεια να οδηγήσουμε αυτή την τάση στον ADC που χρησιμοποιούμε. Επιλέχτηκε αυτός ο τρόπος επειδή στο σύστημα μας υπήρχε είδη ο ADC και έτσι το μόνο που έπρεπε να γίνει ήταν η προσθήκη ενός απλού κυκλώματος μετατροπής από συχνότητα σε τάση το οποίο βλέπουμε παρακάτω στο σχήμα 3.7.

Η λειτουργία του παρακάτω κυκλώματος είναι πολύ απλή. Η συχνότητα του ημιτονικού σήματος εξόδου του ανεμόμετρου οδηγείται στο μετατροπέα από συχνότητα σε τάση LM2917. Ο LM2917 είναι ένας μετατροπέας από συχνότητα σε τάση, της εταιρίας National Semiconductor, ο οποίος απαιτεί τη χρήση ελάχιστων εξωτερικών εξαρτημάτων. Η τιμή της αντίστασης φορτίου R17 που πρότεινε ο κατασκευαστής ήταν 10KΩ. Στο σύστημα μας όμως χρησιμοποιήσαμε 1KΩ για λόγους προσαρμογής με τον ADC. Η αντίσταση R15 χρησιμοποιείται για να ελαττώσει το ρεύμα λειτουργίας του F/V converter, αφού αυτός καταναλώνει περισσότερο ρεύμα στην περίπτωση που έχουμε στην είσοδο του ημιτονικό σήμα και

όχι τετραγωνικούς παλμούς. Ο πυκνωτής C18 όπως και ο C17 χρησιμοποιούνται για απόζευξη.



Σχήμα 3.7: Το κύκλωμα του ανεμόμετρου

Το κύκλωμα του σχήματος 3.7 είναι ένα απλό προτεινόμενο κύκλωμα από τον κατασκευαστή του LM2917, το οποίο θα έχει έξοδο σύμφωνα με τη σχέση:

$$V_{out} = f_{in} \cdot V_{cc} \cdot R16 \cdot C16 \quad (3.14)$$

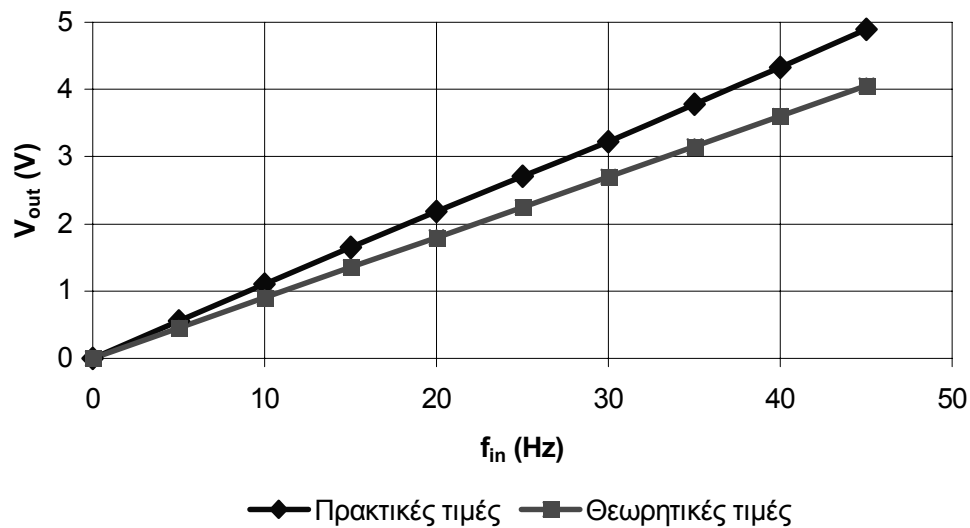
όπου f_{in} είναι η συχνότητα που έρχεται από το ανεμόμετρο και V_{cc} η τάση τροφοδοσίας του μετατροπέα. Η σχέση 3.14 για τις τιμές που χρησιμοποιούμε στο κύκλωμα του σχήματος 3.7 θα γίνει:

$$V_{out} = 0,09 f_{in} \quad (3.15)$$

όπου η V_{out} της σχέσης 3.15 θα είναι σε Volt. Πειραματικά βρέθηκε ότι οι θεωρητικές τιμές που προκύπτουν με τη βοήθεια της σχέσης 3.15 έχουν κάποια απόκλιση από τις πραγματικές. Αυτό μπορούμε να το διαπιστώσουμε και παρακάτω στον πίνακα 3.3 και στο σχήμα 3.8:

Συχνότητα εισόδου f_{in} (Hz)	Τάση εξόδου V_{out} (V)	
	Θεωρητική	Πειραματική
0	0,00	0,00
5	0,45	0,56
10	0,90	1,10
15	1,35	1,65
20	1,80	2,18
25	2,25	2,71
30	2,70	3,23
35	3,15	3,78
40	3,60	4,33
45	4,05	4,90

Πίνακας 3.3: Οι θεωρητικές και οι πειραματικές τιμές της εξόδου του κυκλώματος του σχήματος 3.7



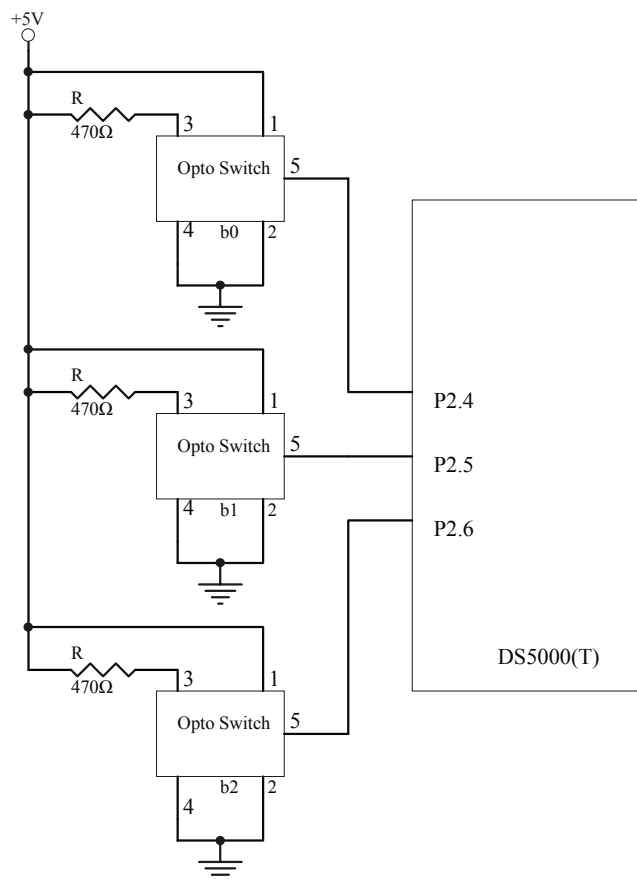
Σχήμα 3.8: Οι θεωρητικές και οι πειραματικές τιμές της εξόδου του κυκλώματος του σχήματος 3.7 σε συνάρτηση με τη συχνότητα εισόδου

Παρατηρώντας τον πίνακα 3.3 και το σχήμα 3.8 μπορούμε να πούμε ότι οι διαφορές μεταξύ θεωρητικών και πειραματικών τιμών δεν είναι αρκετά μεγάλες και μπορούν

να δικαιολογηθούν από τις ανοχές των εξαρτημάτων που καθορίζουν την τάση εξόδου του κυκλώματος.

3.6 Το κύκλωμα του ανεμοδείκτη

Ο ανεμοδείκτης, όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενες ενότητες, έχει κατασκευαστεί έτσι ώστε να δίνει ψηφιακή έξοδο με ανάλυση 3 bit. Έτσι συνδέεται απ' ευθείας στο μικροελεγκτή DS5000(T) και συγκεκριμένα στους ακροδέκτες P2.4, P2.5 και P2.6 της θύρας P2. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην τοποθέτηση των οπτοδιακοπών του ανεμοδείκτη αφού τα LED τους δεν πρέπει να συνδεθούν άμεσα στην τροφοδοσία γιατί θα τραβήξουν υπερβολικό ρεύμα και θα καούν, οπότε θα πρέπει να τροφοδοτηθούν μέσω μιας αντίστασης. Στο σχήμα 3.9 μπορούμε να δούμε καλύτερα τα παραπάνω.

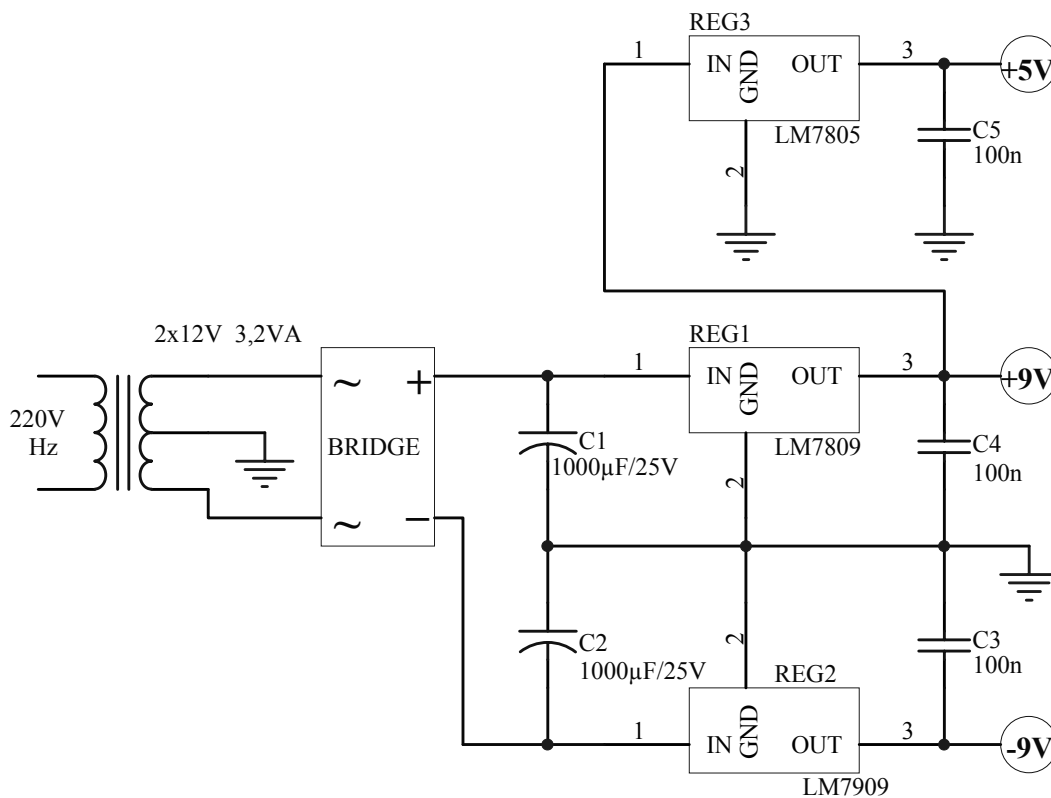


Σχήμα 3.9: Οι οπτοδιακόπτες και η σύνδεση τους με το DS5000(T)

Όπως διαπιστώνουμε και από το σχήμα 3.9 το κύκλωμα του ανεμοδείκτη είναι ένα πάρα πολύ απλό κύκλωμα. Η τροφοδοσία του θα δίνεται από τη συσκευή οπότε δεν απαιτείται επιπλέον τροφοδοτικό.

3.7 Το τροφοδοτικό του συστήματος

Ρίχνοντας μια ματιά στις προηγούμενες παραγράφους αυτού του κεφαλαίου διαπιστώνουμε ότι το σύστημα μας απαιτεί τροφοδοσίες +5V, +9V και -9V. Ακόμα αθροίζοντας τις καταναλώσεις σε ρεύμα όλων των εξαρτημάτων του συστήματος βρίσκουμε ότι το μέγιστο συνολικό ρεύμα κατανάλωσης είναι 110mA. Το σχηματικό διάγραμμα ενός τροφοδοτικού που ικανοποιεί τις παραπάνω προδιαγραφές φαίνεται στο σχήμα 3.10:



Σχήμα 3.10: Το σχηματικό διάγραμμα του τροφοδοτικού του συστήματος

Βλέπουμε ότι ο μετασχηματιστής που χρησιμοποιήθηκε είναι 3,2 VA, δηλαδή είναι ένας μετασχηματιστής μεσαίας λήψης με δυνατότητα παροχής 133mA ρεύματος περίπου από κάθε λήψη. Μετά την ανόρθωση από τη γέφυρα και την εξομάλυνση

από τους πυκνωτές C1 και C2 η τάση οδηγείται στους σταθεροποιητές LM7809 και LM7909 οι οποίοι σταθεροποιούν την τάση στα +9V και στα -9V αντίστοιχα. Από την έξοδο του LM7809 οδηγούμε την τάση στο σταθεροποιητή LM7805 ο οποίος σταθεροποιεί την τάση στα +5V. Έτσι οι έξοδοι του τροφοδοτικού θα είναι και οι έξοδοι των σταθεροποιητών. Οι πυκνωτές C3, C4 και C5 χρησιμοποιούνται για απόζευξη.

Κεφάλαιο 4^ο

Το λογισμικό (software) του συστήματος

4.1 Το πρόγραμμα του μικροελεγκτή

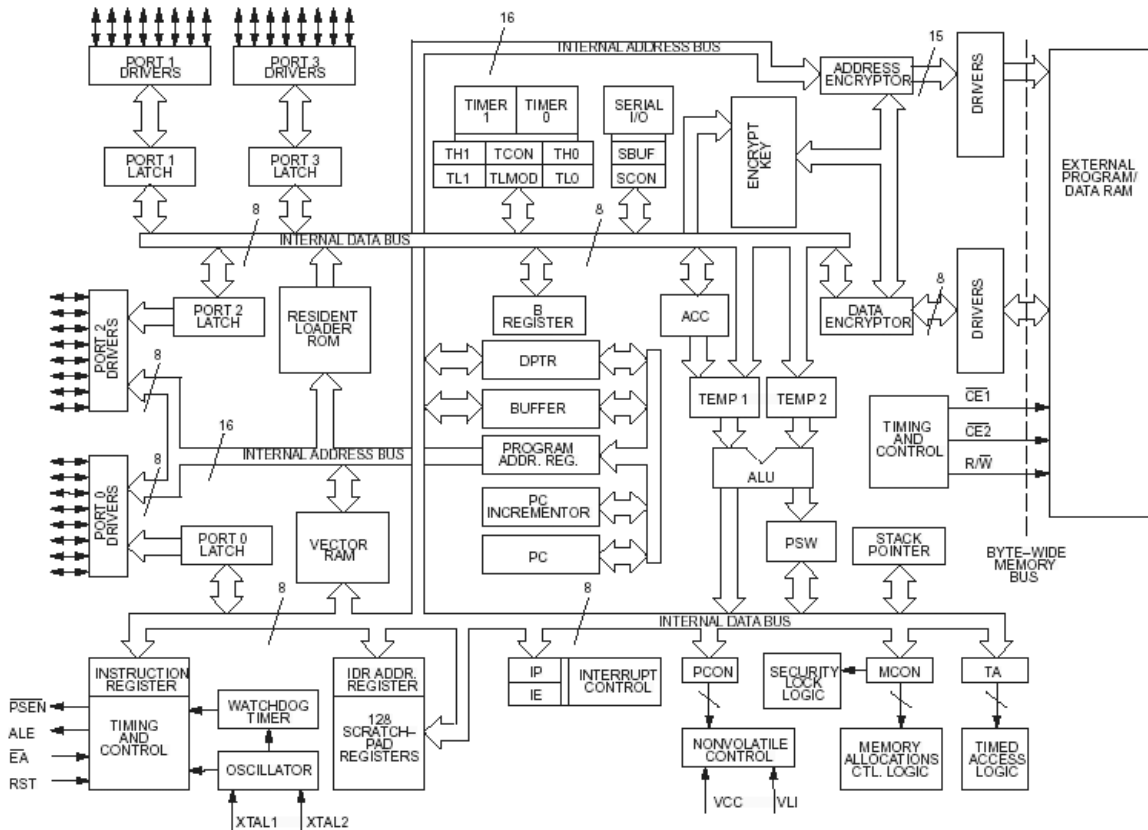
Στην παράγραφο αυτή θα ασχοληθούμε με το πρόγραμμα του μικροελεγκτή που χρησιμοποιήθηκε. Στην ενότητα 4.1.1 θα γίνει μια σύντομη αναφορά στην αρχιτεκτονική και τη συμβολική γλώσσα (assembly) του μικροελεγκτή DS5000(T), στην 4.1.2 θα εξετάσουμε το πρόγραμμα του μικροελεγκτή του συστήματος (firmware) του συστήματος μας σε μπλοκ διαγράμματα και στην 4.1.3 θα γίνει περιγραφή της διαδικασίας προγραμματισμού του συστήματος. Στο συνοδευτικό CD-ROM υπάρχουν περισσότερες πληροφορίες, εγχειρίδια χρήσης και εργαλεία για τον προγραμματισμό του μικροελεγκτή. Ακόμα υπάρχει και το πλήρες πρόγραμμα του μικροελεγκτή σε μορφή asm και hex.

4.1.1 Λίγα λόγια για την αρχιτεκτονική και τη συμβολική γλώσσα του DS5000(T)

Ο DS5000(T) είναι ένας μικροελεγκτής συμβατός με τον γνωστό 8051 της Intel, όσον αφορά την αρχιτεκτονική, τη διάταξη ακίδων (pin-out) και το λογισμικό. Έτσι ο DS5000(T) έχει τους ίδιους καταχωρητές, την ίδια οργάνωση εσωτερική μνήμης, τον ίδιο τρόπο διευθυνσιοδότησης και γενικά την ίδια εσωτερική δομή με τον 8051. Η διαφορά τους είναι στο είδος της μνήμης που χρησιμοποιούν. Πιο συγκεκριμένα ενώ η δομή και λειτουργία της μνήμης είναι ίδια, η μνήμη του DS5000(T) είναι ανεξίτηλη

(non-volatile), η οποία δε χάνει τα δεδομένα της με απώλεια της τάσης τροφοδοσίας.

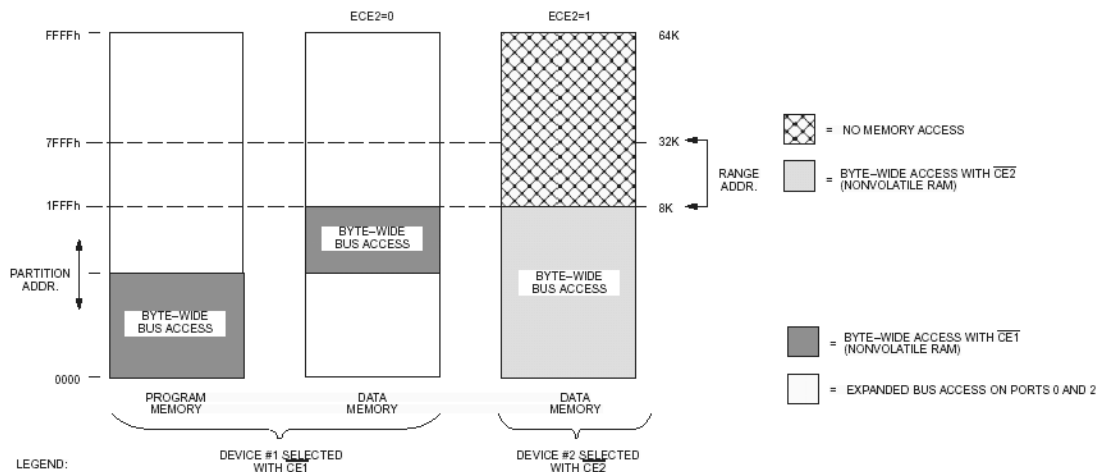
Στο παρακάτω σχήμα (σχήμα 4.1) βλέπουμε την αρχιτεκτονική του DS5000(T):



Σχήμα 4.1: Η αρχιτεκτονική του DS5000(T)

Ρίχνοντας μια ματιά στο παραπάνω σχήμα μπορούμε εύκολα να διαπιστώσουμε ότι η αρχιτεκτονική του DS5000(T) είναι ίδια με αυτή του 8051. Η περαιτέρω ανάλυση του παραπάνω σχήματος ξεφεύγει από τους σκοπούς αυτής της εργασίας. Αξίζει όμως να αναλύσουμε λίγο περισσότερο τη μνήμη, μιας και είναι ο βασικότερος λόγος που έγινε επιλογή του συγκεκριμένου μικροελεγκτή. Παρακάτω στο σχήμα 4.2 βλέπουμε πώς είναι οργανωμένη η ανεξίτηλη RAM (nv-RAM) του DS5000(T). Στο ίδιο σχήμα βλέπουμε, στα αριστερά τη μνήμη που αποθηκεύεται το πρόγραμμα (program memory), στο κέντρο βλέπουμε τη μνήμη που φορτώνονται τα δεδομένα (data memory) έως τη θέση 1FFFh (8K) και στα δεξιά τη μνήμη δεδομένων από τη θέση 1FFFh έως τη θέση 7FFFh (32K). Το μέγεθος της μνήμης αυτής καθορίζεται από το χρήστη, ο οποίος επιλέγει αυτό το μέγεθος με βάση τις ανάγκες της κάθε εφαρμογής. Το τμήμα της μνήμης που φαίνεται στα δεξιά του σχήματος 4.2,

ο μικροελεγκτής το αντιμετωπίζει σαν εξωτερική μνήμη, οπότε ο χρήστης έχει προσπέλαση σ' αυτή με ειδικές εντολές διαχείρισης εξωτερικής μνήμης.



Σχήμα 4.2: Χάρτης της nv-RAM του DS5000(T)

Ο DS5000(T) κυκλοφορεί σε δύο εκδόσεις μια με 8K συνολικής μνήμης και μια με 32K συνολικής μνήμης, η οποία χρησιμοποιήθηκε και στο σύστημα μας. Στο σύστημα μας ο διαχωρισμός της μνήμης έγινε στα 4K, δηλαδή χρησιμοποιήσαμε 4KB μνήμης ως μνήμη προγράμματος και τα υπόλοιπα 28KB χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση των μετρήσεων που θα λαμβάνονται.

Όπως είπαμε και παραπάνω ο DS5000(T) είναι συμβατός με τον 8051 και σε επίπεδο γλώσσας, δηλαδή έχει ακριβώς το ίδιο ρεπερτόριο εντολών (instruction set) με τον 8051. Έτσι οποιοδήποτε πρόγραμμα είναι γραμμένο για τον 8051 μπορεί να δουλέψει και στον DS5000(T) και για τον προγραμματισμό του μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα ίδια εργαλεία που χρησιμοποιούνται για ένα 8051.

Για τον προγραμματισμό του μικροελεγκτή χρησιμοποιείται η γλώσσα χαμηλού επιπέδου assembly αλλά και γλώσσες υψηλού επιπέδου όπως για παράδειγμα η C. Ο προγραμματισμός του συστήματος μας έγινε με τη γλώσσα assembly, επειδή παρ' όλο που οι γλώσσες υψηλού επιπέδου είναι αρκετά πιο εύκολες στη χρήση τους, η assembly δίνει τη δυνατότητα να γίνει μεγαλύτερη οικονομία μνήμης, που είναι πολύ σημαντική για το σύστημα μας αλλά και τη

δυνατότητα πιο άμεσου χειρισμού των επιμέρους τμημάτων του μικροελεγκτή. Ακόμα η γλώσσα assembly χαρακτηρίζεται για το μικρό μήκος εντολών που έχει οι οποίες εκτελούνται γρήγορα από το μικροελεγκτή. Τέλος ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματά της είναι ότι γνωρίζουμε πόσους κύκλους μηχανής χρειάζεται η κάθε εντολή να εκτελεστεί, έτσι έχουμε τη δυνατότητα να ελέγχουμε το χρονισμό του προγράμματος μας.

4.1.2 Περιγραφή του προγράμματος του μικροελεγκτή (Firmware) με διαγράμματα ροής

Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο, ο μικροελεγκτής ελέγχει όλες τις λειτουργίες της συσκευής, οπότε το πρόγραμμα που θα φορτωθεί σ' αυτόν θα πρέπει να δίνει τη δυνατότητα στο σύστημα να κάνει τα εξής:

- Να μετράει και να αποθηκεύει τα μετεωρολογικά μεγέθη.
- Να κρατά ώρα και ημερομηνία των μετρήσεων.
- Ο χρήστης να έχει τη δυνατότητα να ρυθμίζει την ώρα και την ημερομηνία.
- Σε περίπτωση που γεμίσει η μνήμη να χάνονται μόνο οι παλαιότερες μετρήσεις.
- Να έχει χρόνο δειγματοληψίας καθοριζόμενο από το χρήστη.
- Να αναγνωρίζει τις εντολές που δίνονται από τον Η/Υ.
- Να μεταφέρει τις αποθηκευμένες μετρήσεις στον Η/Υ όταν του ζητηθεί.
- Σε απώλεια της τάσης τροφοδοσίας να μη χάνει τις αποθηκευμένες μετρήσεις και στην επαναφορά της να συνεχίζει να αποθηκεύει χωρίς να επηρεάζονται οι παλιές αποθηκευμένες μετρήσεις.

Για να γραφτεί ένα πρόγραμμα που να εκτελεί τα παραπάνω υπάρχουν αρκετοί τρόποι, σε όλους όμως ακολουθείται η γενική δομή ενός προγράμματος γραμμένο σε συμβολική γλώσσα, το οποίο χρησιμοποιεί διάφορες υπορουτίνες (subroutines) οι οποίες ρυθμίζουν κάποιες συγκεκριμένες λειτουργίες. Ο ρόλος των υπορουτίνων είναι πολύ σημαντικός αφού αν δεν υπήρχαν, ο προγραμματιστής θα ήταν υποχρεωμένος να επαναλαμβάνει συνεχώς ίδια κομμάτια κώδικα, πράγμα που εκτός του ότι κάνει επίπονη τη διαδικασία προγραμματισμού απαιτεί μεγάλη μνήμη προγράμματος. Το πρόγραμμά μας λοιπόν είναι δομημένο έτσι ώστε να έχει ένα

κύριο κορμό και διάφορες υπορουτίνες οι οποίες έχουν συγκεκριμένες λειτουργίες. Έτσι έχουμε για παράδειγμα μια υπορουτίνα η οποία διαβάζει την ώρα από το ενσωματωμένο ρολόι του μικροελεγκτή, μια άλλη η οποία ρυθμίζει τη διαδικασία μέτρησης, μια άλλη η οποία αναγνωρίζει τις εντολές που δίνονται από τον Η/Υ κ.λ.π.

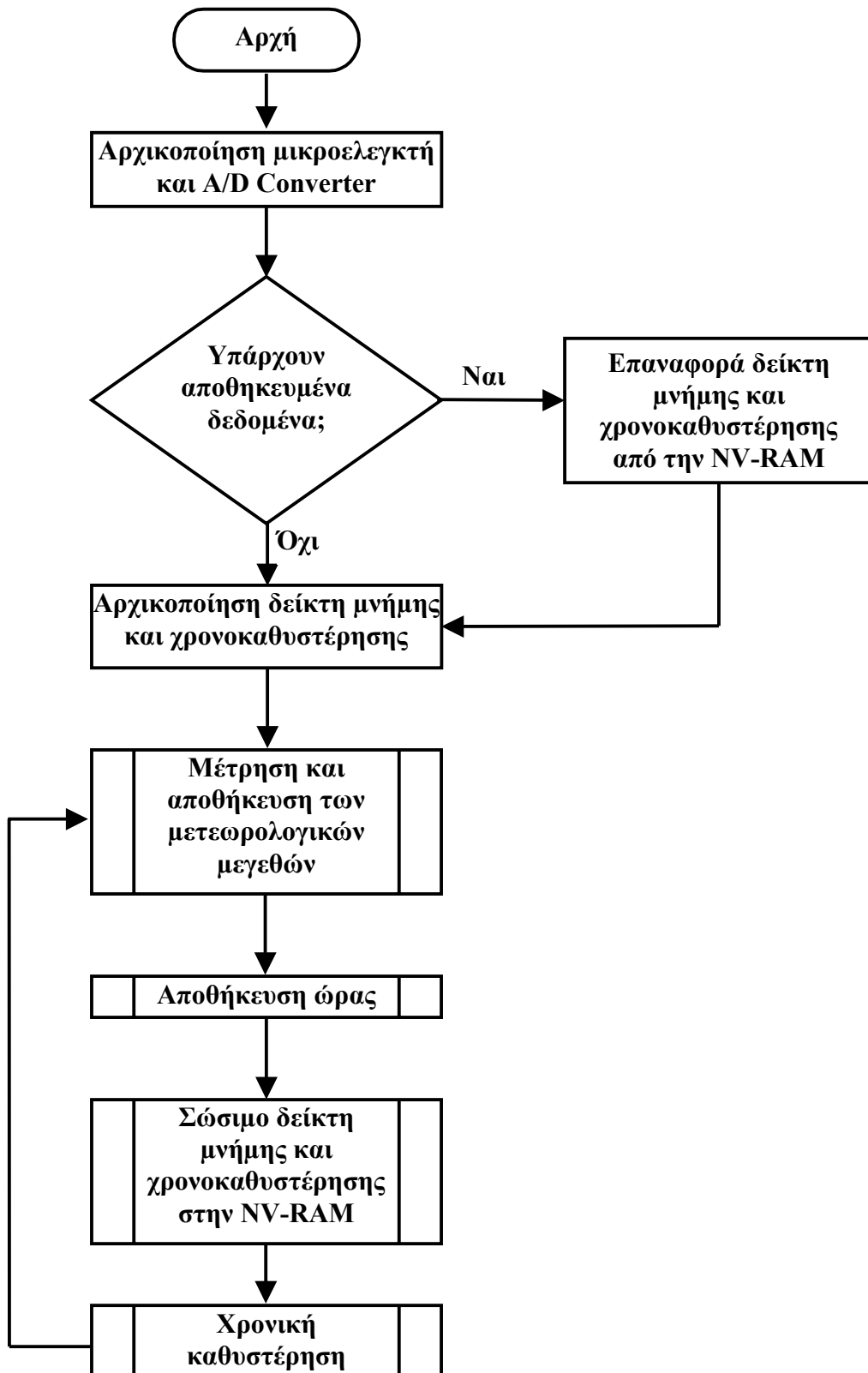
Ας δούμε όμως λίγο πιο αναλυτικά τη δομή του προγράμματος του μικροελεγκτή που χρησιμοποιούμε. Στο σχήμα 4.3 μπορούμε να δούμε το διάγραμμα ροής του προγράμματος από τη στιγμή που τροφοδοτείται το σύστημα έως ότου φτάσει σε κατάσταση που αρχίζει να αποθηκεύει δεδομένα και να εκτελεί τη χρονική καθυστέρηση για την επόμενη μέτρηση.

Ας αναλύσουμε όμως λίγο το διάγραμμα του σχήματος 4.3:

Αμέσως μετά την τροφοδότηση με ρεύμα, ο μικροελεγκτής αρχίζει να εκτελεί το πρόγραμμα που είναι φορτωμένο στη μνήμη προγράμματός του. Βλέπουμε ότι αμέσως μετά την εκκίνηση, το πρόγραμμα κάνει αρχικοποίηση του μικροελεγκτή και του ADC. Στην αρχικοποίηση του μικροελεγκτή το πρόγραμμα κάνει τις εξής ρυθμίσεις:

- Αρχικοποίηση των χρονιστών (timers)
- Αρχικοποίηση της σειριακής θύρας.
- Αρχικοποίηση για πρόσβαση στο ενσωματωμένο ρολόι.
- Αρχικοποίηση των διακοπών (interrupts).

Στο πρόγραμμα χρησιμοποιούνται και οι δύο χρονιστές. Ο πρώτος χρησιμοποιείται για να ρυθμίζει το Baud Rate της σειριακής θύρας και ο δεύτερος δημιουργεί μια χρονική καθυστέρηση των 10ms η οποία χρησιμοποιείται για να ρυθμίζουμε το ρυθμό δειγματοληψίας του συστήματος. Στη σειριακή θύρα, εκτός από το Baud Rate, πρέπει να ρυθμιστούν οι ειδικής λειτουργίας διακοπές αποστολής (RXD) και λήψης (TXD) καθώς και ο τρόπος λειτουργίας (mode) της σειριακής θύρας. Η σειριακή θύρα του μικροελεγκτή έχει 4 τρόπους λειτουργίας τους οποίους μπορούμε να τα δούμε επιγραμματικά παρακάτω στον πίνακα 4.1. Από τους τέσσερις αυτούς τρόπους εμείς επιλέξαμε τον τρόπο 1 (mode 1), επειδή είναι 8-bit και επειδή το Baud Rate ρυθμίζεται από ένα χρονιστή οπότε μπορούμε να ρυθμίσουμε έτσι την ταχύτητα επικοινωνίας με τον Η/Υ.



Σχήμα 4.3: Το διάγραμμα ροής του προγράμματος του μικροελεγκτή για την αρχικοποίηση, τη συλλογή και αποθήκευση των μετρήσεων και για τη χρονική καθυστέρηση.

Mode	Περιγραφή	Baud Rate
0	Shift Register	Σταθερό (συχνότητα κρυστάλλου $\div 12$)
1	8-bit Uart	Καθοριζόμενο από χρονιστή
2	9-bit Uart	Σταθερό (συχνότητα κρυστάλλου $\div 12$ ή 64)
3	9-bit Uart	Καθοριζόμενο από χρονιστή

Πίνακας 4.1: Τα modes της σειριακής θύρας του μικροελεγκτή

Η αρχικοποίηση των διακοπών (interrupts) είναι αναγκαία για να μπορεί ο μικροελεγκτής να τα διαχειριστεί. Εδώ λαμβάνουν χώρα δύο ειδών διακοπών ένα εσωτερικό και ένα εξωτερικό. Το εσωτερικό προκαλείται από τη σειριακή θύρα είτε όταν φύγει ένας χαρακτήρας είτε όταν έρθει και το εξωτερικό προκαλείται από τον ADC μόλις αυτός έχει έτοιμη τη μέτρηση για να τη στείλει στον H/Y. Πρέπει να αρχικοποιηθεί όμως ο μικροελεγκτής για να μπορεί να έχει πρόσβαση στο εσωτερικό ρολόι πραγματικού χρόνου πού έχει και αυτό γίνεται με την κλήση ειδικών υπορουτίνων του προγράμματος.

Η αρχικοποίηση του ADC περιλαμβάνει μια χρονική καθυστέρηση και αποστολή σ' αυτόν μερικών εντολών έτσι ώστε να έρθει σε μια σταθερή κατάσταση για να είναι έτοιμος να παίρνει σωστές μετρήσεις.

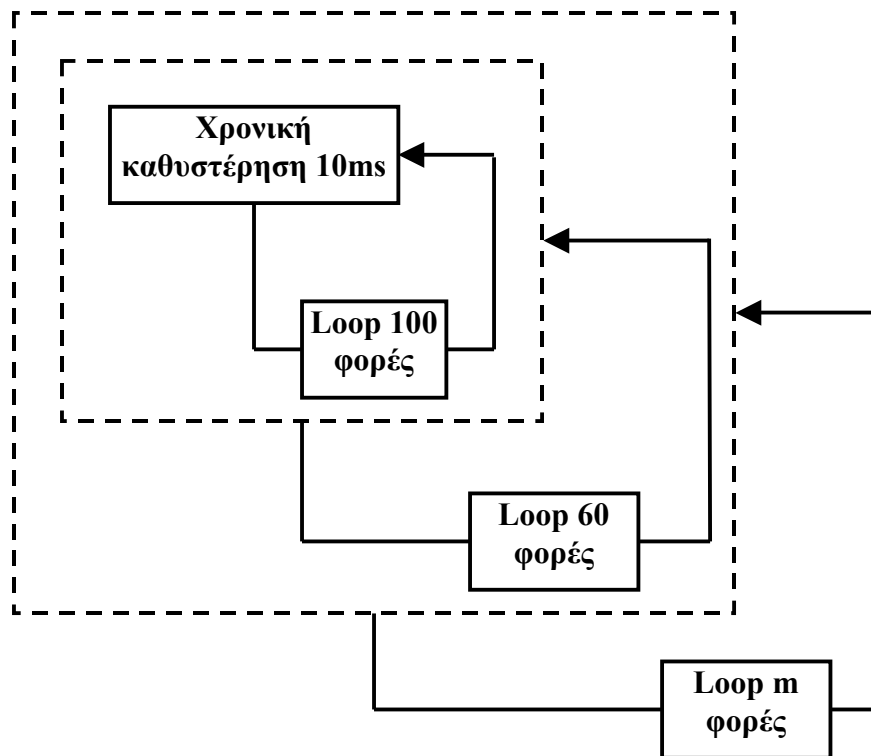
Συνεχίζοντας την ανάλυση του σχήματος 4.3, βλέπουμε ότι μετά τη φάση της αρχικοποίησης το πρόγραμμα ελέγχει αν υπάρχουν ή όχι είδη αποθηκευμένα δεδομένα. Αν υπάρχουν τότε σημαίνει ότι είχαμε είτε ακούσια είτε εκούσια διακοπή ρεύματος. Και στις δυο αυτές περιπτώσεις δε θέλουμε να χαθούν τα δεδομένα αυτά, οπότε το πρόγραμμα επαναφέρει την τιμή του δείκτη μνήμης και την τιμή της χρονικής καθυστέρησης από ένα συγκεκριμένο μέρος της NV-RAM που χρησιμοποιείται για την αποθήκευσή τους σε μια τέτοια περίπτωση. Αν δεν υπάρχουν αποθηκευμένα δεδομένα τότε το πρόγραμμα φορτώνει τις προκαθορισμένες (default) τιμές για το δείκτη μνήμης και για τη χρονική καθυστέρηση, οι οποίες είναι η αρχή της μνήμης και 1 λεπτό αντίστοιχα.

Αφού λοιπόν γίνουν όλα τα παραπάνω, το σύστημα είναι έτοιμο να αρχίσει να παίρνει μετρήσεις. Το πρόγραμμα λοιπόν που περιγράφει το σχήμα 4.3 από εδώ και κάτω εκτελείται κυκλικά. Έτσι το σύστημα παίρνει τις πρώτες του μετρήσεις. Η θερμοκρασία, η υγρασία η ατμοσφαιρική πίεση και η ταχύτητα του ανέμου μετρώνται με τη βοήθεια του ADC αφού δίδονται ως αναλογικές τάσεις. Οπότε το πρόγραμμα δίνει εντολή στον ADC να του φέρει τις τιμές των τάσεων που είναι στις αντίστοιχες εισόδους του. Αφού τελειώσει αυτές τις μετρήσεις ο ADC, το πρόγραμμα παίρνει άμεσα μέτρηση και από το αισθητήριο διεύθυνσης του αέρα, αφού όπως έχουμε πει αυτό είναι ψηφιακό και συνδέεται απ' ευθείας στο μικροελεγκτή. Μόλις τελειώσει τις μετρήσεις, το πρόγραμμα τις αποθηκεύει με συγκεκριμένη σειρά στην NV-RAM του μικροελεγκτή.

Στη συνέχεια το πρόγραμμα διαβάζει και αποθηκεύει την ώρα και την ημερομηνία από το ενσωματωμένο ρολόι πραγματικού χρόνου. Η ώρα και η ημερομηνία είναι συνολικά 5 bytes, ένα για την ώρα, ένα για τα λεπτά, ένα για την ημέρα του μήνα, ένα για το μήνα και ένα το έτος. Συνολικά λοιπόν σε κάθε κύκλο μετρήσεων αποθηκεύεται ένα πακέτο από 10 bytes, 5 για τις μετρήσεις και 5 για ημερομηνία και ώρα.

Τελειώνοντας τα παραπάνω το πρόγραμμα αποθηκεύει σε ένα ορισμένο σημείο της NV- RAM τις τιμές του δείκτη μνήμης και της χρονικής καθυστέρησης ώστε να είναι διαθέσιμες σε περίπτωση απώλειας της τάσης τροφοδοσίας.

Αμέσως μετά το πρόγραμμα εκτελεί τη χρονική καθυστέρηση. Η χρονική καθυστέρηση αυτή είναι και ο χρόνος δειγματοληψίας του συστήματος η οποία δημιουργείται με τη βοήθεια ενός χρονιστή. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω ο χρονιστής έχει ρυθμιστεί να κάνει χρονική καθυστέρηση 10ms, αλλά εμείς όμως θέλουμε ο χρόνος δειγματοληψίας του συστήματος να είναι μεταβλητός και η ελάχιστη τιμή του να είναι 1 λεπτό. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί αν η υπορουτίνα της χρονικής καθυστέρησης είναι δομημένη όπως φαίνεται στο σχήμα 4.4:



Σχήμα 4.4: Διάγραμμα ροής της χρονικής καθυστέρησης που αποτελεί το χρόνο δειγματοληψίας του συστήματος

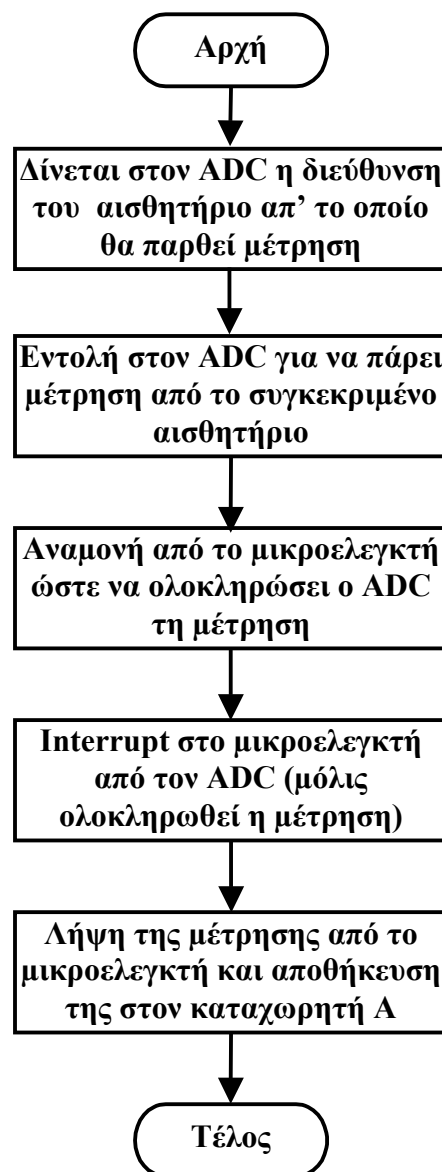
Όπως βλέπουμε και από το σχήμα 4.4, αρχικά επαναλαμβάνεται 100 φορές η υπορουτίνα που κάνει καθυστέρηση 10ms, κάνουμε δηλαδή το χρονιστή να κάνει 100 συνεχόμενες φορές καθυστερήσεις των 10ms και έτσι έχουμε μια καθυστέρηση 1 sec. Στη συνέχεια επαναλαμβάνουμε 60 φορές την καθυστέρηση του 1 sec και έτσι έχουμε συνολική καθυστέρηση 1 λεπτό. Στη συνέχεια η συνολική χρονική καθυστέρηση του ενός λεπτού επαναλαμβάνεται m φορές, όπου m είναι ο χρόνος δειγματοληψίας του συστήματος μας και καθορίζεται από το χρήστη.

Ο μικροελεγκτής ελέγχει τη λειτουργία το ADC, δείχνοντάς του από ποιο από τα αισθητήρια να πάρει μέτρηση, οπότε θα πρέπει να γραφτεί μια ειδική υπορουτίνα στο πρόγραμμα ώστε να κάνει την παραπάνω δουλειά. Το διάγραμμα ροής αυτής της υπορουτίνας φαίνεται στο σχήμα 4.5:

Ας αναλύσουμε λίγο το διάγραμμα ροής του σχήματος 4.5:

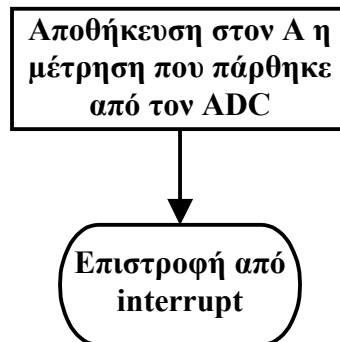
Αρχικά ο μικροελεγκτής γνωστοποιεί στον ADC το αισθητήριο από το οποίο πρέπει να γίνει η μέτρηση, δίνοντάς του τη διεύθυνση αυτού του αισθητηρίου. Η

διεύθυνση του αισθητηρίου είναι ο αριθμός της αναλογικής εισόδου του ADC στην οποία είναι συνδεδεμένο το αισθητήριο. Αφού δοθεί η διεύθυνση, ο μικροελεγκτής δίνει εντολή στον ADC να πάρει μέτρηση από τη διεύθυνση που του έχει δοθεί και περιμένει μέχρι ο ADC να ολοκληρώσει τη μέτρηση. Μόλις τελειώσει τη μέτρηση ο ADC, διακόπτει το μικροελεγκτή (το interrupt του ADC είναι συνδεδεμένο σε ένα από τους δύο ακροδέκτες εξωτερικού interrupt που διαθέτει ο μικροελεγκτής). Στη συνέχεια ο μικροελεγκτής παίρνει τη μέτρηση και την αποθηκεύει στον καταχωρητή γενικής χρήσης A (Accumulator) απ' όπου μπορεί να την επεξεργαστεί.



Σχήμα 4.5: Το διάγραμμα ροής της υπορουτίνας ελέγχου του ADC.

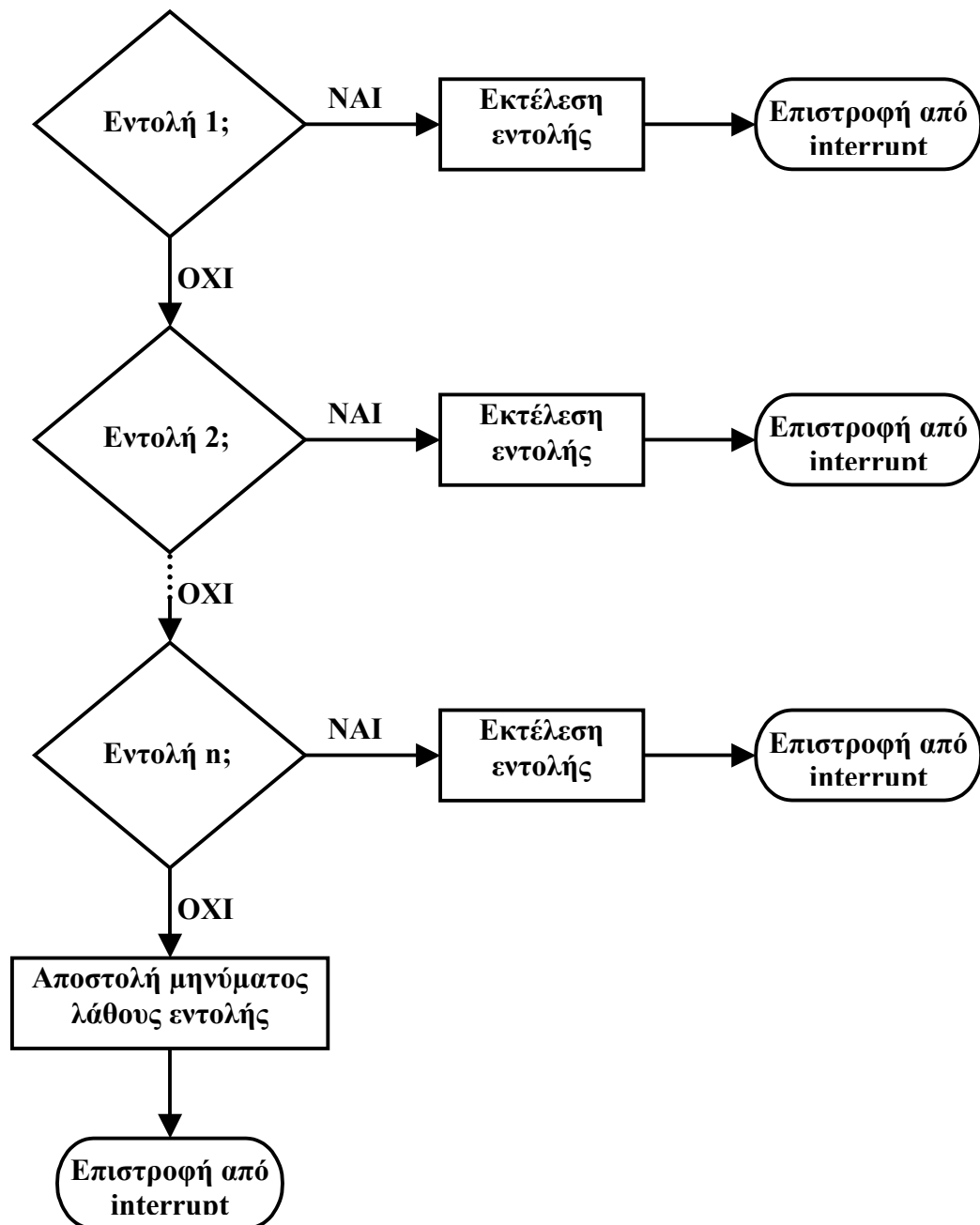
Όταν γίνεται εξωτερικό ή εσωτερικό interrupt στο μικροελεγκτή τότε εκτελείται η ρουτίνα εξυπηρέτησης η οποία ονομάζεται ISR (Interrupt Service Routine) και είναι μια ειδική υπορουτίνα. Στο σύστημά μας, όπως έχει αναφερθεί συμβαίνουν δύο interrupts, ένα εξωτερικό από τον ADC και ένα εσωτερικό από τη σειριακή θύρα. Παρακάτω φαίνεται το διάγραμμα ροής της ISR του ADC (σχήμα 4.6) και της ISR της σειριακής θύρας (σχήμα 4.7):



Σχήμα 4.6: Η ρουτίνα εξυπηρέτησης του interrupt που γίνεται από τον ADC

Όπως φαίνεται από το σχήμα 4.6 η ISR του ADC είναι μια πάρα πολύ απλή υπορουτίνα η οποία το μόνο που κάνει είναι να αποθηκεύει στον καταχωρητή A τη μέτρηση που έχει πάρει ο ADC, και επιστρέφει στο πρόγραμμα. Όταν γίνεται ένα interrupt, τότε το πρόγραμμα διακόπτει την κανονική του ροή και εκτελεί την ISR, μετά την εκτέλεσή της επιστρέφει στην κανονική ροή του προγράμματος στο σημείο απ' το οποίο είχε διακοπεί.

Η ρουτίνα εξυπηρέτησης του interrupt της σειριακής, εκτελείται όταν έρθει ένας χαρακτήρας στη σειριακή θύρα. Οι εντολές που δέχεται ο μικροελεγκτής από τον H/Y έχουν μια συγκεκριμένη δομή, έτσι ώστε ο πρώτος χαρακτήρας που έρχεται να είναι η εντολή και οι επόμενοι, αν απαιτούνται, να είναι τα δεδομένα που χρειάζεται ο μικροελεγκτής για να εκτελέσει την εντολή. Έτσι αφού λάβει ο μικροελεγκτής ένα χαρακτήρα γίνεται το interrupt της σειριακής, το οποίο το πρώτο πράγμα που κοιτάει είναι να δει ποια εντολή δέχεται ο μικροελεγκτής από τον H/Y. Ένας τρόπος για να γίνει αναγνώριση της εντολής φαίνεται παρακάτω στο διάγραμμα ροής του σχήματος 4.7.



Σχήμα 4.7: Η ρουτίνα εξυπηρέτησης interrupt της σειριακής θύρας

Βλέπουμε λοιπόν ότι αρχικά η ISR της σειριακής ελέγχει να δει αν είναι ή όχι μια συγκεκριμένη εντολή. Αν είναι τότε την εκτελεί και επιστρέφει στην κανονική ροή του προγράμματος. Αν όχι τότε κοιτάει να δει αν είναι κάποια άλλη συγκεκριμένη εντολή. Αυτή η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι ο μικροελεγκτής ελέγξει αν ο χαρακτήρας που του ήρθε είναι μια από τις γνωστές εντολές που τον έχουμε προγραμματίσει να δέχεται. Αν ο χαρακτήρας δεν αντιστοιχεί σε καμία εντολή τότε η ISR στέλνει μήνυμα λάθους στον H/Y και επιστρέφει στην κανονική ροή του

προγράμματος. Στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 4.2) φαίνονται οι χαρακτήρες που έχουμε χρησιμοποιήσει σαν εντολές καθώς και τι εντολή είναι ο καθένας.

Χαρακτήρας - Εντολή	Σημασία
s	Αποστολή αποθηκευμένων δεδομένων στον H/Y
v	Αποστολή τρεχόντων τιμών των μετεωρολογικών μεγεθών
c	Διαγραφή αποθηκευμένων μετρήσεων
t	Αποστολή ώρας και ημερομηνίας στον H/Y
d	Καθορισμός χρόνου δειγματοληψίας
m	Διόρθωση ώρας και ημερομηνίας
i	Αποστολή των τιμών του δείκτη μνήμης και της χρονοκαθυστερήσης στον H/Y
r	Επαναφορά προκαθορισμένων τιμών δείκτη μνήμης και χρονοκαθυστερήσης

Πίνακας 4.2: Οι χαρακτήρες – εντολές που δέχεται το σύστημα

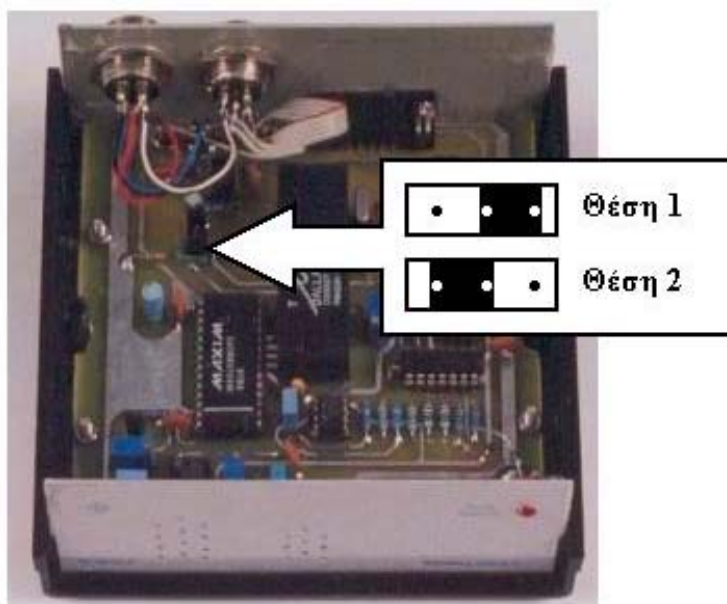
Οι χαρακτήρες που αναφέρονται στον πίνακα 4.2 είναι και οι μόνοι χαρακτήρες που αντιλαμβάνεται σαν εντολές το πρόγραμμα, οπότε οποιοσδήποτε άλλος χαρακτήρας κι αν αποσταλεί σαν εντολή θα έχει ως αποτέλεσμα την αποστολή του μηνύματος λάθους στον H/Y. Οι ανάγκες του συστήματός μας καλύπτονται από τις εντολές που φαίνονται στον πίνακα 4.2, και θα δούμε πως μπορούμε να τις εκμεταλλευτούμε παρακάτω στην παράγραφο 4.2.2.

4.1.3 Διαδικασία προγραμματισμού του συστήματος

Για να προγραμματίσουμε το σύστημα μας αρκεί να φορτώσουμε στο μικροελεγκτή το αρχείο *.hex που θα πρέπει να έχουμε παράγει από κάποιο πρόγραμμα όπως για παράδειγμα το ED95 (περιλαμβάνεται στο συνοδευτικό CD-ROM). Όπως είδαμε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, ο μικροελεγκτής που χρησιμοποιούμε, ο DS5000(T) μπορεί να προγραμματιστεί εύκολα, απ' ευθείας από τη σειριακή θύρα ενός H/Y,

χωρίς τη χρήση ειδικού προγραμματιστή. Το μόνο που απαιτείται για τον προγραμματισμό του είναι μια αντίσταση 1,8KΩ και ένας RS-232 Driver/Receiver. Έτσι ήταν εύκολο να προσαρμοστεί στο κύκλωμα μας μια μικρή βαθμίδα με τη βοήθεια δυο βραχυκυκλωτήρων (βλέπε παράγραφο 3.1). Έτσι για να προγραμματίσουμε το σύστημα μας πρέπει να κάνουμε τα εξής βήματα:

- Ανοίγουμε το καπάκι της συσκευής και βάζουμε τους βραχυκυκλωτήρες στη θέση 2 (βλέπε εικόνα 4.1):



Εικόνα 4.1

- Στη συνέχεια τροφοδοτούμε το κύκλωμα και ανοίγουμε το πρόγραμμα “KIT.EXE” (συμπεριλαμβάνεται στο συνοδευτικό CD-ROM). Το πρόγραμμα αυτό είναι εφαρμογή του DOS, αλλά δουλεύει χωρίς προβλήματα σε windows 95/98/ME και windows NT/2000. Αφού ανοίξουμε το πρόγραμμα, πρέπει να δηλώσουμε τη σειριακή θύρα του Η/Υ στην οποία είναι συνδεδεμένη η συσκευή μας. Γι’ αυτό πληκτρολογούμε COM X και enter, όπου X είναι ο αριθμός της σειριακής θύρας (π.χ. COM 1 για τη σειριακή θύρα 1). Αφού επιλέξουμε τη θύρα για να βεβαιωθούμε ότι γίνεται επικοινωνία αρκεί να δώσουμε την εντολή “U 5 10”, η οποία μας εμφανίζει τα περιεχόμενα από τη θέση 5 έως τη θέση 10 της μνήμης του μικροελεγκτή. Αν η επικοινωνία είναι εντάξει τότε το αποτέλεσμα θα είναι όπως αυτό της παρακάτω εικόνας (εικόνα 4.2):


```

KIT
-----
Dallas Semiconductor Secure Microcontroller Evaluation Kit Software
Kit - Version 4.0
Copyright (C) 1992,1994,1997 Dallas Semiconductor Corporation

Please select a COM port using the COM command

kit> COM 2

kit> U 5 10
0005 00    NOP
0006 00    NOP
0007 00    NOP
0008 00    NOP
0009 00    NOP
000A 00    NOP
000B 00    NOP
000C 00    NOP
000D 00    NOP
000E 00    NOP
000F 00    NOP
0010 00    NOP

kit> _

```

Εικόνα 4.2

- Τώρα είμαστε έτοιμοι να προγραμματίσουμε το σύστημά μας. Θα πρέπει να έχουμε φροντίσει να έχουμε αντιγράψει το αρχείο *.hex μέσα στον κατάλογο του KIT. Έτσι για να κάνουμε τον προγραμματισμό αρκεί να πληκτρολογήσουμε: program όνομα_αρχείου.hex, όπου όνομα_αρχείου είναι το όνομα του αρχείου που θέλουμε να προγραμματίσουμε και στο παράδειγμα της εικόνας 4.3 παρακάτω το αρχείο έχει όνομα WMDL.HEX:

```

Finished - KIT
-----
kit> PROGRAM WMDL.HEX
Configuration: Press return for default value.
  range (32k) =
  partition (1000) =
  locking (no) =
  verify (yes) =
  encryption (no) =
  key (random) =

Configuration Contents:
  range: 32k
  partition: 1000
  locking: no
  verify: yes
  encryption: no
  key: random

Unlocking...
Clearing MCON...
Setting Range...
Setting Partition...
Loading...
Verifying...
kit> EXIT

```

Εικόνα 4.3

Όπως βλέπουμε στο σχήμα 4.3 όταν αρχίζει η διαδικασία προγραμματισμού το πρόγραμμα ρωτάει για το τι configuration να κάνει στο μικροελεγκτή, και

αν πατήσουμε απλά enter τότε παίρνει τις προκαθορισμένες τιμές (αυτές που βρίσκονται στην παρένθεση) διαφορετικά του δίνουμε τις τιμές που επιθυμούμε εμείς. Όταν τελειώσει η φόρτωση (Loading) γίνεται επαλήθευση (Verifying) για να σιγουρευτεί ότι το πρόγραμμα φορτώθηκε σωστά. Μόλις τελειώσει και το Verifying τότε πληκτρολογούμε EXIT για να βγούμε από το πρόγραμμα.

- Αφού τελειώσουμε όλα τα παραπάνω βγάζουμε την τροφοδοσία τους συστήματος, επαναφέρουμε τους βραχυκυκλωτήρες στη θέση 1, κλείνουμε το καπάκι και τροφοδοτούμε το σύστημα ξανά. Τώρα το σύστημα μας τρέχει το πρόγραμμα (Firmware) που μόλις φορτώσαμε.

Περισσότερες πληροφορίες για το πρόγραμμα KIT υπάρχουν στο συνοδευτικό CD-ROM.

4.2 Το πρόγραμμα ελέγχου του συστήματος

Στην παράγραφο αυτή γίνεται ανάλυση του προγράμματος που χρησιμοποιούμε στον Η/Υ για να ελέγξουμε το σύστημα. Το πρόγραμμα το ονομάσαμε CWMDL (Control of Weather Measurements Data Logger) και στο συνοδευτικό CD-ROM της εργασίας εκτός από μορφή εγκατάστασης (setup), υπάρχει και ο πηγαίος κώδικάς του. Πιο αναλυτικά, στην ενότητα 4.2.1 γίνεται μια μικρή αναφορά στη γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκε, τη Visual Basic, στην ενότητα 4.2.2 γίνεται μια μικρή ανάλυση στον τρόπο διασύνδεσης του προγράμματος που φτιάχτηκε με το σύστημα και τέλος στην ενότητα 4.2.3 γίνεται λεπτομερής αναφορά των δυνατοτήτων και των λειτουργιών του προγράμματος.

4.2.1 Λίγα λόγια για τη Visual Basic

Για τον έλεγχο του συστήματος που κατασκευάσαμε έπρεπε να δημιουργηθεί κατάλληλο λογισμικό με τη γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic. Οι βασικότεροι λόγοι για τους οποίους χρησιμοποιήθηκε η συγκεκριμένη γλώσσα είναι οι δυνατότητες που έχει και ο εύκολος προγραμματισμός. Ας δούμε λίγο πιο αναλυτικά τις δυνατότητες και τα βασικότερα χαρακτηριστικά που έχει:

Η Visual Basic είναι η εξέλιξη της γλώσσας προγραμματισμού **Basic** (Beginner's All purpose Symbolic Instruction Code) η οποία είναι ίσως η πιο διαδεδομένη γλώσσα προγραμματισμού λόγω του ότι είναι η πιο εύκολη γλώσσα προγραμματισμού. Με την επικράτηση των Windows οι γλώσσες προγραμματισμού άρχισαν να αποκτούν παραθυρικό περιβάλλον εργασίας και σχεδίασης δημιουργώντας έτσι μια νέα μορφή γλωσσών προγραμματισμού τις Visual (οπτικές). Έτσι και η Basic εξελίχθηκε και ως οπτική γλώσσα προγραμματισμού, τη **Visual Basic**. Στην αρχική της μορφή ήταν απλά μια Visual γλώσσα προγραμματισμού που απευθυνόταν πιο πολύ σε αρχάριους. Με την ολοένα όμως αυξανόμενη επικράτηση των Windows η γλώσσα αυτή εξελίχθηκε σε ένα ισχυρό εργαλείο προγραμματισμού το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο από αρχάριους όσο και από επαγγελματίες προγραμματιστές. Οι δυνατότητές της σήμερα είναι σχεδόν απεριόριστες αφού μπορεί και εκμεταλλεύεται σχεδόν όλες τις δυνατότητες των Windows. Ακόμα μπορεί να χειριστεί με πολύ απλό τρόπο τη σειριακή επικοινωνία του H/Y με τον έξω κόσμο, κάτι που είναι πολύ χρήσιμο για την υλοποίηση του λογισμικού που θέλουμε για την παρούσα εργασία. Ας δούμε όμως περιληπτικά τα βασικότερα χαρακτηριστικά της Visual Basic:

- Χρήση δομημένου προγραμματισμού (Structured Programming).
- Ο κώδικας είναι σχετικά απλός και δεν απαιτεί αυστηρούς ορισμούς και πολλές γνώσεις πληροφορικής.
- Κατά τη διάρκεια εισαγωγής των εντολών γίνεται συντακτικός έλεγχος και παρέχονται αρκετές ευκολίες για τη σωστή διόρθωση των λαθών.
- Με τον οπτικό προγραμματισμό (visual programming) ο προγραμματιστής σπαταλάει ελάχιστο χρόνο για τη δημιουργία της διασύνδεσης του χρήστη, αφού αυτή γίνεται με διάφορα εργαλεία σχεδίασης χρησιμοποιώντας το ποντίκι.
- Ο κώδικας που απαιτείται για τον έλεγχο διάφορων λειτουργιών όπως τα παράθυρα, τα μενού, οι μπάρες κύλισης και άλλα, είναι πολύ απλός και μικρός.
- Έχει Αντικειμενοστρεφή προγραμματισμό (object oriented programming), δηλαδή όλα τα αντικείμενα (μενού κουμπιά κλπ) έχουν ιδιότητες και συγκεκριμένους τρόπους συμπεριφοράς.

- Ο προγραμματισμός είναι οδηγούμενος από συμβάντα (event driven programming), έτσι το πρόγραμμα δεν ελέγχει τις συσκευές αλληλεπίδρασης (π.χ. ποντίκι, πληκτρολόγιο, σειριακή θύρα) για διαπιστώσει αν έχει πατηθεί κάποιο πλήκτρο για παράδειγμα, αλλά όταν προκύψει κάποιο συμβάν από αυτές τις συσκευές τότε στέλνεται ένα μήνυμα (ένα είδος διακοπής θα μπορούσε να πει κανείς) που διεγείρει το αντικείμενο που έχει υποδειχτεί από τη συσκευή.
- Μπορεί να χρησιμοποιήσει πλήρως το μηχανισμό ActiveX ο οποίος επιτρέπει τη δημιουργία αντικειμένων και τη διαχείριση τους από άλλες εφαρμογές.
- Μπορεί να διαχειριστεί βάσεις δεδομένων όπως της Access με τη βοήθεια του μηχανισμού Jet Database Engine, της Oracle και SQL Server με τη βοήθεια του μηχανισμού Open DataBase Connectivity (ODBC).
- Μέσω του μηχανισμού OLE (Object Linking and Embedding) μπορεί να εκμεταλλευτεί τις δυνατότητες άλλων εφαρμογών, να εκτελέσει διαδικασίες που βρίσκονται στις DLL (Dynamic Link Library), ή να εκτελέσει διαδικασίες API (Application Programming Interface).
- Μπορεί να αυτοματοποιήσει διάφορες διεργασίες σε διάφορα προγράμματα γραφείου όπως το Word το Excel το Power Point κλπ.
- Με το VBScript μπορεί να απλοποιήσει ή να επεκτείνει διάφορες λειτουργίες ή υπηρεσίες σε ιστοσελίδες του Internet.
- Με τη χρήση διάφορων Controls μπορεί να απλοποιήσει προγραμματιστικά κάποιες λειτουργίες όπως για παράδειγμα η σειριακή επικοινωνία.

Πέρα όμως από τα παραπάνω, η Visual Basic έχει ακόμα αρκετές δυνατότητες και χαρακτηριστικά τα οποία μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες και του πιο απαιτητικού προγραμματιστή. Το μειονέκτημα που έχει η Visual Basic είναι ότι τα προγράμματα που δημιουργούνται μέσω αυτής για να λειτουργήσουν σε άλλο Η/Υ συνήθως απαιτούνται κάποια επιπλέον αρχεία, τα οποία πιθανόν να μην υπάρχουν στον άλλο Η/Υ. Έτσι για να χρησιμοποιήσει κάποιος ένα πρόγραμμα σε άλλο Η/Υ είναι αναγκασμένος να κουβαλάει κι άλλα αρχεία τα οποία πρέπει να αντιγράψει σε ορισμένους φακέλους του Η/Υ πράγμα που δεν είναι και τόσο εύκολο. Αυτό το πρόβλημα λύνεται με ένα εργαλείο που έχει η Visual Basic, το “Package &

Deployment Wizard” το οποίο κάνει τα προγράμματα που δημιουργούνται σε μορφή setup, έτσι γίνεται η εγκατάσταση τους εύκολη σε άλλο H/Y.

4.2.2 Διασύνδεση του προγράμματος της *Visual Basic* με το πρόγραμμα του μικροελεγκτή

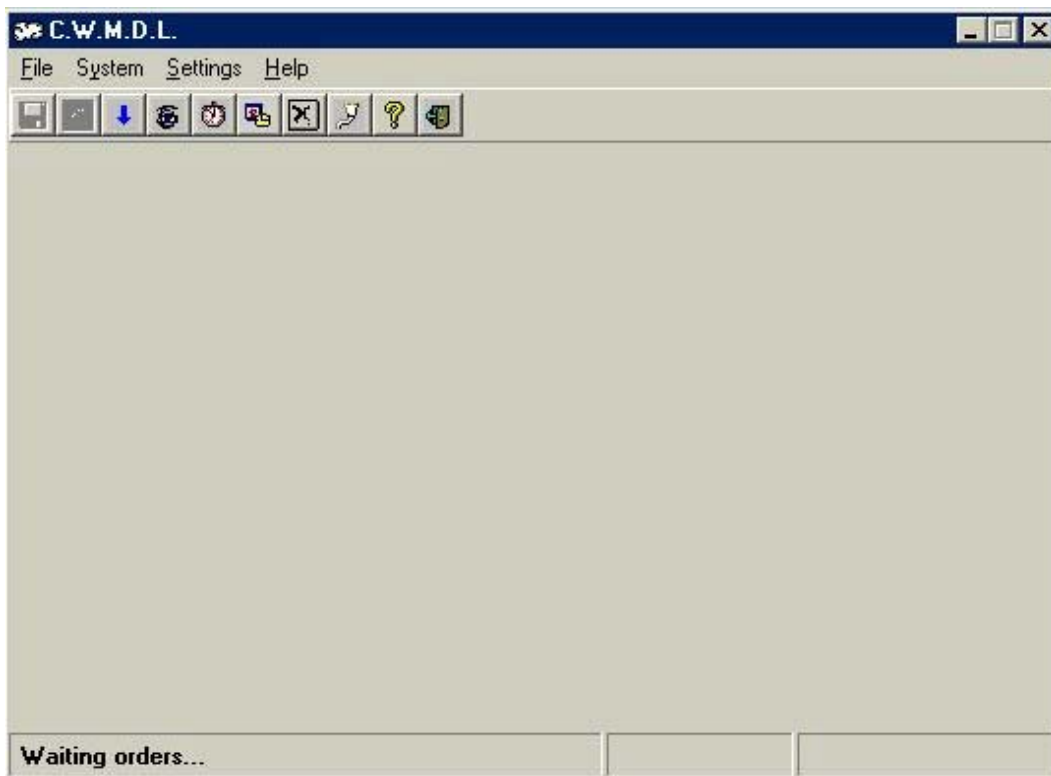
Όπως έχει ήδη αναφερθεί, για την υλοποίηση αυτής της εργασίας, χρησιμοποιήθηκαν δύο προγράμματα, ένα γραμμένο σε assembly το οποίο είναι φορτωμένο στο μικροελεγκτή και ένα γραμμένο σε Visual Basic το οποίο τρέχει στον υπολογιστή ελέγχου. Το πρόγραμμα ελέγχου ονομάζεται **CWMDL** (Control of Weather Measurements Data Logger). Για τον έλεγχο του συστήματος αυτά τα δύο προγράμματα πρέπει να επικοινωνούν μεταξύ τους, έτσι έπρεπε να χρησιμοποιηθεί ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας που θα τους επιτρέπει να συνεργάζονται. Φυσικά υπάρχει το έτοιμο πρωτόκολλο επικοινωνίας, το RS-232, το οποίο χρησιμοποιείται για την υλοποίηση της επικοινωνίας του προγράμματος του μικροελεγκτή με το πρόγραμμα ελέγχου. Όπως είδαμε και στην ενότητα 4.1.2, ο μικροελεγκτής υποστηρίζει το πρωτόκολλο αυτό και έτσι ο προγραμματισμός του δεν παρουσίασε ιδιαίτερες δυσκολίες. Το RS-232 υποστηρίζεται και από τη Visual Basic με τη χρήση του COM Control, το οποίο με ελάχιστες παραμέτρους υλοποιεί σειριακή επικοινωνία από τη θύρα COM 1 ή τη θύρα COM 2 του H/Y. Με τη βοήθεια λοιπόν του αυτού του control το πρόγραμμα ελέγχου έχει τη δυνατότητα να στείλει στο μικροελεγκτή (και κατ’ επέκταση στο σύστημα) τις εντολές, που όπως είδαμε παραπάνω στον πίνακα 4.2 της ενότητας 4.1.2, έχουν τη μορφή χαρακτήρων. Για κάθε εντολή από το πρόγραμμα ελέγχου ο μικροελεγκτής αποκρίνεται ανάλογα, και σε περίπτωση λανθασμένης εντολής επιστρέφει τη λέξη “ERROR”. Έτσι έχουμε απόκριση του μικροελεγκτή σε κάθε περίπτωση, εκτός φυσικά από την περίπτωση που έχει διακοπεί τελείως η επικοινωνία από βλάβη ή κακή χρήση της συσκευής αλλά σε μια τέτοια περίπτωση το πρόγραμμα εμφανίζει μήνυμα ότι υπάρχει πρόβλημα επικοινωνίας. Το πρόγραμμα ελέγχου είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε για κάθε εντολή που αποστέλλει στο μικροελεγκτή να περιμένει και την ανάλογη απάντηση, έτσι ο χρήστης δεν έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιεί ταυτόχρονα περισσότερες από μια λειτουργίες του. Οπότε πρέπει πρώτα να εκτελέσει την εντολή που του δίνεται και μετά να του δοθεί άλλη εντολή. Αυτό μας εξασφαλίζει περισσότερο από πιθανές

απώλειες των αποθηκευμένων δεδομένων από λανθασμένο χειρισμό του προγράμματος. Τις αποκρίσεις του μικροελεγκτή επεξεργάζονται ειδικές, για κάθε περίπτωση, υπορουτίνες του προγράμματος CWMDL. Ο πηγαίος κώδικας του CWMDL περιλαμβάνεται στο συνοδευτικό CD-ROM.

4.2.3 Χειρισμοί του προγράμματος ελέγχου CWMDL.

Το CWMDL είναι ένα πρόγραμμα για τον έλεγχο του συστήματος που γράφτηκε στα πλαίσια αυτής της πτυχιακής εργασίας. Ο σχεδιασμός του έγινε όσο το δυνατόν πιο απλός, ώστε να γίνει το πρόγραμμα εύχρηστο.

Ας δούμε όμως βήμα – βήμα τις λειτουργίες του προγράμματος αρχίζοντας από την κεντρική φόρμα, την οποία βλέπουμε παρακάτω στην εικόνα 4.4:













Εικόνα 4.4: Η κεντρική φόρμα του προγράμματος CWMDL

Η φόρμα του παραπάνω σχήματος είναι η πρώτη που εμφανίζεται όταν τρέξουμε το πρόγραμμα. Όπως βλέπουμε είναι μια απλή φόρμα η οποία περιλαμβάνει μια μπάρα με τα μενού **File**, **System**, **Settings** και **Help**, μια γραμμή εργαλείων η οποία περιλαμβάνει διάφορα κουμπιά που στην ουσία είναι συντομεύσεις των

περισσότερων λειτουργιών των μενού και στην κάτω μεριά μια γραμμή κατάστασης (Status Bar). Κατά την εκκίνησή του το πρόγραμμα κάνει έλεγχο επικοινωνίας μεταξύ του συστήματος και του Η/Υ και η μπάρα κατάστασης εμφανίζει το μήνυμα “**Checking Communication**”. Αν όλα είναι εντάξει τότε εμφανίζει στην μπάρα κατάστασης, το μήνυμα “**Waiting orders...**”. Αν υπάρχει οποιοδήποτε πρόβλημα επικοινωνίας τότε το πρόγραμμα εμφανίζει στη μπάρα κατάστασης το μήνυμα “**Communication Error!**”. Σ’ αυτή την περίπτωση είναι διαθέσιμες μόνο οι λειτουργίες που δεν απαιτούν την επικοινωνία του Η/Υ με το υπόλοιπο σύστημα.

Ας περάσουμε όμως στην περιγραφή των λειτουργιών των μενού και των κουμπιών της γραμμής εργαλείων. Η περιγραφή τους θα γίνει μαζί αφού όπως είπαμε τα κουμπιά της γραμμής εργαλείων είναι συντομεύσεις των περισσότερων λειτουργιών των μενού, όπως βλέπουμε παρακάτω στον πίνακα 4.3:

Εικονίδιο Γραμμής Εργαλείων	Αντίστοιχο υπομενού
	Save as...
	Erase Table
	Download Stored Measurements
	View Current Measurements
	Set Sample Rate
	Adjust Time / Date
	Delete Stored Measurements
	Select Com Port
	Help (Contents)
	Exit

Πίνακας 4.3: Η αντιστοιχία των κουμπιών της γραμμής εργαλείων με τα υπομενού

Έτσι οι λειτουργίες των υπομενού που περιγράφονται παρακάτω, είναι ίδιες με τα ανάλογα κουμπιά που φαίνονται στον πίνακα 4.3.

- **To μενού File**

Το μενού File περιλαμβάνει τα υπομενού **Erase Table**, **Save as...** και **Exit**. Τα αποθηκευμένα δεδομένα της συσκευής, όταν ο χρήστης τα κατεβάσει στον Η/Υ, εμφανίζονται σε ένα πίνακα στο πρόγραμμα CWMDL (βλέπε εικόνα 4.6). Με το υπομενού **Erase Table** ο χρήστης μπορεί να καθαρίσει αυτόν τον πίνακα. Το υπομενού (εντολή) Erase Table δεν επηρεάζει τα περιεχόμενα της μνήμης της συσκευής. Το υπομενού **Save as...** ο χρήστης μπορεί να σώσει σε ένα αρχείο *.log ή *.txt τις μετρήσεις που έχει κατεβάσει στον Η/Υ. Τα αρχεία αυτά θα έχουν τη μορφή:

TEMP (°C)	RH (%)	Pressure (hPa)	Wind Speed (Km/h)	Wind Dir.	Time	Date
25,5	44,5	972	4,5	N	19:45	10/9/2001
25,5	43,5	972	7,0	NE	20:00	10/9/2001
25,0	43,0	972	4,0	NE	20:15	10/9/2001
25,0	43,0	972	0,0	N	20:30	10/9/2001
24,5	43,0	972	3,5	NW	20:45	10/9/2001

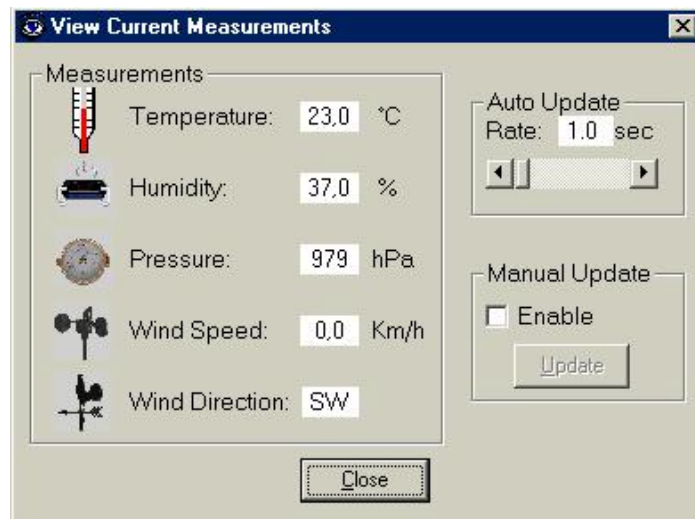
Τέλος με το υπομενού **Exit**, γίνεται έξοδος από το πρόγραμμα.

- **To μενού System**

Το μενού αυτό έχει λειτουργίες με τις οποίες ο χρήστης μπορεί να κάνει διαχείριση των δεδομένων που είναι αποθηκευμένα στη συσκευή και να δει την κατάσταση των αισθητηρίων της συσκευής. Με το υπομενού “**View Current Measurements**”, ο χρήστης μπορεί να δει τι ενδείξεις έχουν τα αισθητήρια της συσκευής. Αυτό γίνεται με τη βοήθεια της παρακάτω φόρμας (Εικόνα 4.5), η οποία εμφανίζεται με τη χρήση αυτού του υπομενού.

Όπως βλέπουμε από την εικόνα 4.5, το πρόγραμμα εμφανίζει, στο αριστερό πλαίσιο της φόρμας της εικόνας 4.5, τις τρέχουσες ενδείξεις των αισθητηρίων της συσκευής, οι οποίες εμφανίζονται στο μετρικό σύστημα. Ο ρυθμός ανανέωση των ενδείξεων αυτών καθορίζεται από τα δύο πλαίσια που διακρίνονται στα δεξιά της φόρμας, το **Auto Update** και το **Manual Update**. Με το πρώτο, το πρόγραμμα ανανεώνει αυτόματα τις ενδείξεις με ρυθμό που επιλέγει ο χρήστης από τη μπάρα κύλισης που είναι μέσα στο πλαίσιο αυτό, ο οποίος κυμαίνεται από 0,5sec έως 30sec. Αν ο χρήστης επιθυμεί να κάνει μόνος του ανανέωση των ενδείξεων, τότε απλά

επιλέγει το κουτάκι που βρίσκεται μέσα στο άλλο πλαίσιο (πλαίσιο Manual Update) και η ανανέωση των ενδείξεων θα γίνεται όταν πατηθεί το κουμπί **Update**. Τέλος με το κουμπί Close, απλά κλείνει η φόρμα.



*Εικόνα 4.5: Η φόρμα που εμφανίζεται από το υπομενού **View Current Measurements***

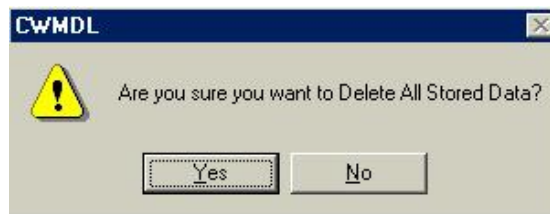
Το επόμενο υπομενού είναι το “**Download Stored Measurements**”. Με αυτό ο χρήστης κατεβάζει όλες τις μετρήσεις που είναι αποθηκευμένες στη συσκευή, οι οποίες, μόλις κατέβουν, εμφανίζονται σ’ ένα πίνακα, όπως βλέπουμε στην εικόνα 4.6:

TEMP (°C)	RH (%)	Pressure (hPa)	Wind Speed (Km/h)	Wind Dir.	Time	Date
23,0	43,5	979	0,0	E	19:38	12/9/2001
23,0	43,5	979	0,0	E	19:43	12/9/2001
23,0	43,0	979	0,0	E	19:49	12/9/2001
23,0	43,5	979	0,0	E	19:54	12/9/2001
23,0	42,5	978	0,0	E	19:59	12/9/2001
23,5	42,5	978	0,0	E	20:04	12/9/2001
23,5	42,5	978	0,0	E	20:09	12/9/2001
23,5	42,5	978	0,0	E	20:14	12/9/2001
23,5	42,5	978	0,0	E	20:19	12/9/2001
23,5	41,0	978	0,0	E	20:24	12/9/2001
23,5	41,0	978	0,0	E	20:29	12/9/2001
23,5	40,5	978	0,0	E	20:34	12/9/2001
23,5	40,5	978	0,0	E	20:39	12/9/2001
23,5	40,5	978	0,0	E	20:44	12/9/2001
23,5	41,0	978	0,0	E	20:49	12/9/2001
23,5	41,0	978	0,0	E	20:54	12/9/2001
23,5	41,0	978	0,0	E	20:59	12/9/2001
23,5	42,5	978	0,0	F	21:04	12/9/2001

Εικόνα 4.6: Ο πίνακας στον οποίο φαίνονται οι μετρήσεις που έχουν κατέβει από τη συσκευή.

Κατά τη διάρκεια της ανάκτησης των μετρήσεων το πρόγραμμα εμφανίζει μια μπάρα προόδου η οποία πληροφορεί το χρήστη για την πρόοδο αυτής. Εκτός από τις μετρήσεις που εμφανίζονται στον πίνακα που φαίνεται στο παραπάνω σχήμα, το πρόγραμμα εμφανίζει και άλλες πληροφορίες στη γραμμή κατάστασης. Αυτές οι πληροφορίες είναι το πόσα bytes έλαβε ο Η/Υ από τη συσκευή και το ποσοστό της μνήμης της συσκευής που χρησιμοποιείται.

Το τρίτο και τελευταίο υπομενού του μενού System, είναι το “**Delete Stored Measurements**”. Με την εντολή αυτή διαγράφονται όλα τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στη μνήμη της συσκευής. Όταν πατηθεί αυτό το υπομενού (ή το αντίστοιχο κουμπί της γραμμής εργαλείων), το πρόγραμμα εμφανίζει ένα πλαίσιο διαλόγου με το οποίο ρωτάει το χρήστη αν είναι σίγουρος ότι θέλει να διαγράψει όλα τα αποθηκευμένα δεδομένα (Εικόνα 4.7):

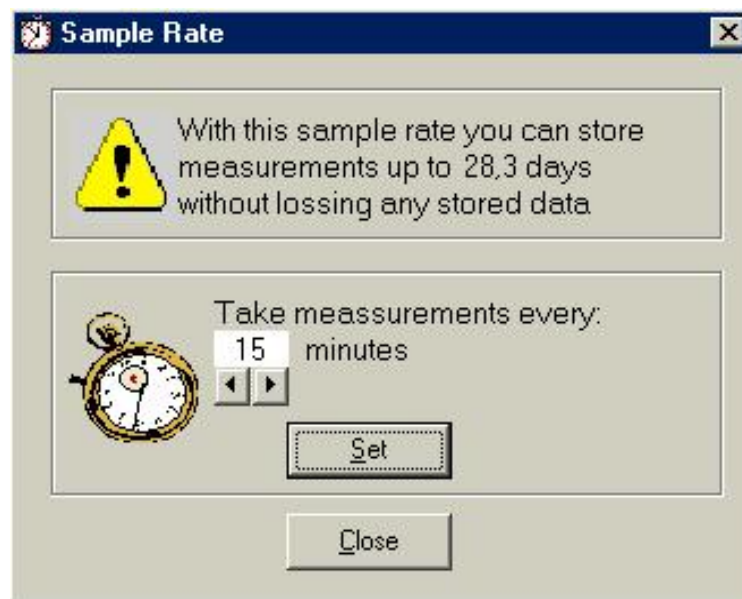


Εικόνα 4.7

Σε αρνητική απάντηση του χρήστη (No), το πρόγραμμα απλά κλείνει αυτό το πλαίσιο διαλόγου, ενώ σε καταφατική (Yes), το πρόγραμμα διαγράφει όλες τις αποθηκευμένες μετρήσεις της συσκευής. Μόλις γίνει η διαγραφή των μετρήσεων το πρόγραμμα εμφανίζει το μήνυμα: “ **Stored Data Deleted!**”, αν η διαγραφή έγινε κανονικά. Εάν παρουσιαστεί οποιοδήποτε πρόβλημα το πρόγραμμα εμφανίζει το μήνυμα: “ **Error! Delete Again Stored Data**”.

- **To μενού Settings**

Με τη βοήθεια αυτού του μενού ο χρήστης μπορεί να κάνει ρυθμίσεις στη συσκευή αλλά και στο πρόγραμμα CWMDL. Το πρώτο υπομενού είναι το “**Set Sample Rate**”, το οποίο εμφανίζει την παρακάτω φόρμα (Εικόνα 4.8):



Εικόνα 4.8: Η φόρμα που εμφανίζεται από το υπομενού **Set Sample Rate**

Με τη βοήθεια αυτής της φόρμας ο χρήστης μπορεί να ρυθμίσει το ρυθμό δειγματοληψίας της συσκευής. Από την εικόνα 4.8 μπορούμε να δούμε ότι η φόρμα αυτή εμφανίζει ένα προειδοποιητικό μήνυμα στο χρήστη, το οποίο τον πληροφορεί για το πόσες μέρες η συσκευή μπορεί να αποθηκεύσει μετρήσεις με τον επιλεγμένο ρυθμό δειγματοληψίας και την υπάρχουσα ελεύθερη μνήμη, χωρίς να χαθούν οι ήδη υπάρχουσες αποθηκευμένες μετρήσεις από υπερχειλίση της μνήμης. Όταν γεμίσει η μνήμη το σύστημα αποθηκεύει τις καινούριες μετρήσεις σβήνοντας τις πιο παλιές. Κάτω από αυτό το πλαίσιο του μηνύματος υπάρχει ένα άλλο πλαίσιο με το οποίο ο χρήστης μπορεί να αλλάξει το ρυθμό δειγματοληψίας με τα δύο βελάκια που υπάρχουν. Οι αλλαγές που κάνει ο χρήστης με τα δύο αυτά βελάκια δεν ενεργοποιούνται παρά μόνο όταν πατηθεί το κουμπί “Set”. Όταν πατηθεί αυτό το κουμπί αλλάζει και το μήνυμα του πάνω πλαισίου ενημερώνοντας το χρήστη για το νέο υπόλοιπο ημερών. Τέλος με το πλήκτρο “Close” κλείνει η φόρμα χωρίς να γίνει καμία αποθήκευση αλλαγών.

Το επόμενο υπομενού είναι το “**Adjust Time / Date**”, με το οποίο ο χρήστης μπορεί να ρυθμίσει την ώρα του συστήματος με τη βοήθεια της φόρμας που φαίνεται παρακάτω στην εικόνα 4.9.



*Εικόνα 4.9: Η φόρμα που εμφανίζεται από το υπομενού **Adjust Time / Date***

Η ρύθμιση της ώρας και της ημερομηνίας της συσκευής πρέπει να γίνεται τουλάχιστον μια φορά το μήνα, γιατί το ρολόι πραγματικού χρόνου του συστήματος, σύμφωνα με τον κατασκευαστή του, χάνει δύο με τρία λεπτά το μήνα. Όπως βλέπουμε από την εικόνα 4.9 έχει δύο πλαίσια το “**System**” και το “**PC**” στα οποία εμφανίζονται η ώρα και η ημερομηνία της συσκευής και του Η/Υ αντίστοιχα. Αν ο χρήστης πατήσει το κουμπί “**Use PC Time / Date**”, τότε η συσκευή παίρνει αυτόματα την ώρα και την ημερομηνία του Η/Υ. Εάν ο χρήστης επιθυμεί να εισάγει τη δική του ώρα και ημερομηνία δεν έχει παρά να πατήσει το κουμπί “**Adjust Time / Date**”, το οποίο ανοίγει τη φόρμα που φαίνεται στην εικόνα 4.10:

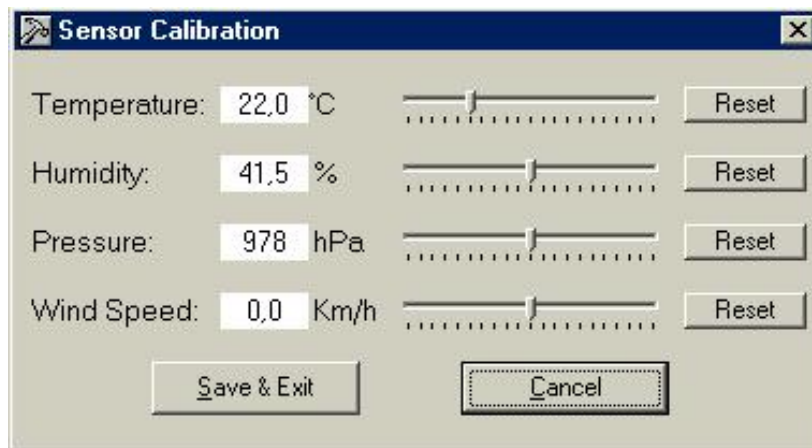


Εικόνα 4.10

Ο χρήστης αφού εισάγει τις τιμές που επιθυμεί στη φόρμα της παραπάνω εικόνας μπορεί να πατήσει το κουμπί **Cancel** για να ακυρώσει αυτές τις αλλαγές και να κλείσει τη φόρμα ή το κουμπί **OK** για να γίνει η διόρθωση ημερομηνίας και ώρας της συσκευής και να κλείσει τη φόρμα. Εάν ο χρήστης εισάγει μια τιμή ημερομηνίας ή ώρας που δεν είναι έγκυρη τότε το πρόγραμμα εμφανίζει το μήνυμα: “**One or more**

of the values you set is invalid!”, και ο χρήστης οδηγείται πάλι στη φόρμα της εικόνας 4.10.

Το επόμενο υπομενού είναι το “**Software Calibration**”, και είναι το μόνο υπομενού που δεν έχει συντόμευση με κουμπί στη γραμμή εργαλείων. Όταν πατηθεί αυτό το υπομενού εμφανίζεται η φόρμα που φαίνεται παρακάτω στην εικόνα 4.11:



Εικόνα 4.11: Η φόρμα βαθμονόμησης των αισθητηρίων σε επίπεδο λογισμικού

Με τη βοήθεια της φόρμας που φαίνεται στο παραπάνω σχήμα, ο χρήστης μπορεί να κάνει βαθμονόμηση των αισθητηρίων σε επίπεδο λογισμικού. Με άλλα λόγια, αυτή η λειτουργία του προγράμματος δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να διορθώσει πιθανά σφάλματα στις ενδείξεις των αισθητηρίων που μπορεί να οφείλονται σε μη προβλέψιμους παράγοντες. Η λειτουργία αυτή μπορεί να αντισταθμίσει μόνο προσθετικό σφάλμα, η διόρθωση άλλου τύπου σφαλμάτων γίνεται μέσω Hardware ή άλλων υπορουτίνων του προγράμματος όσο βέβαια αυτό είναι δυνατόν. Ο χρήστης πρέπει να προσέξει πάρα πολύ όταν χρησιμοποιεί τη λειτουργία “**Software Calibration**”, γιατί οι αλλαγές που πραγματοποιούνται εδώ είναι καθολικές και ισχύουν τόσο για το πρόγραμμα CWMDL όσο και για τις μετρήσεις που είναι ήδη αποθηκευμένες στη μνήμη της συσκευής. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι ο χρήστης πρέπει να δώσει ιδιαίτερη προσοχή όταν χρησιμοποιεί τη λειτουργία αυτή του προγράμματος. Ας δούμε όμως λίγο πιο αναλυτικά τις λειτουργίες αυτής της φόρμας: Όπως βλέπουμε από την εικόνα 4.11, στα αριστερά της φόρμας εμφανίζονται οι ενδείξεις τεσσάρων μετεωρολογικών μεγεθών (το πέμπτο

μέγεθος, η διεύθυνση του ανέμου, μετράται με ψηφιακό αισθητήριο οπότε δεν τίθεται θέμα προσθετικής διόρθωσής του), δίπλα από κάθε ένδειξη υπάρχει μια μπάρα διόρθωσης κι ένα κουμπί **Reset**. Ο χρήστης πραγματοποιεί τις διορθώσεις με τη βοήθεια της μπάρας που βρίσκεται δίπλα από κάθε ένδειξη έχοντας σαν αναφορά ένα άλλο είδη βαθμονομημένο όργανο, ενώ αν πατήσει το κουμπί **Reset** η μπάρα έρχεται στο κέντρο πράγμα που σημαίνει ότι δεν υπάρχει διόρθωση μέσω λογισμικού και οι ενδείξεις εμφανίζονται αυτούσιες. Αφού πραγματοποιηθούν όλες οι αλλαγές, ο χρήστης έχει δύο επιλογές, ή να πατήσει το κουμπί “**Save & Exit**” έτσι ώστε να αποθηκευτούν όλες και να κλείσει τη φόρμα ή απλά να κλείσει τη φόρμα χωρίς να αποθηκεύσει καμία αλλαγή πατώντας το πλήκτρο “**Cancel**”. Η αποθήκευση των αλλαγών γίνεται σε ένα INI αρχείο και έτσι ισχύουν για όσες φορές χρησιμοποιηθεί ξανά το πρόγραμμα.

Τελευταίο υπομενού είναι το “**Select Com Port**”, και από αυτό ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τη θύρα επικοινωνίας του Η/Υ με τη συσκευή. Στην εικόνα 4.12 φαίνεται η φόρμα που φορτώνεται από αυτό το υπομενού:



Εικόνα 4.12

Όπως βλέπουμε από το σχήμα 4.12, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ανάμεσα σε τέσσερις θύρες, την COM 1, COM 2, COM 3 και COM 4. Το πρόγραμμα θυμάται ποια θύρα έχει χρησιμοποιήσει την τελευταία φορά και έτσι χρησιμοποιεί την ίδια και την επόμενη φορά που θα το χρησιμοποιήσουμε. Αυτό γίνεται επειδή οι αλλαγές που πραγματοποιούνται εδώ αποθηκεύονται σε ένα αρχείο INI που το πρόγραμμα κοιτάει κάθε φορά που εκτελείται. Πιο συγκεκριμένα οι αλλαγές που πραγματοποιούνται εδώ αποθηκεύονται και ενεργοποιούνται μόνο όταν πατηθεί το κουμπί “**Accept**”. Με το πάτημα αυτού του κουμπιού κλείνει η φόρμα και το πρόγραμμα κάνει πάλι έλεγχο επικοινωνιών εμφανίζοντας στη γραμμή κατάστασης τα ίδια μηνύματα που είδαμε

παραπάνω στην αρχή της ενότητας 4.2.3. Για να κλείσει η φόρμα χωρίς να ενεργοποιηθεί ή να αποθηκευτεί καμία αλλαγή αρκεί να πατηθεί το κουμπί “**Cancel**”.

- *To μενού Help*

Το τελευταίο μενού του προγράμματος είναι το “**Help**”, το οποίο περιλαμβάνει τα υπομενού “**Contents**” και “**About**”. Το πρώτο υπομενού ανοίγει ένα αρχείο βοήθειας, το οποίο παρέχει πληροφορίες στο χρήστη σχετικά με τη λειτουργία του προγράμματος CWMDL. Το υπομενού “**About**”, ανοίγει τη φόρμα που βλέπουμε παρακάτω στην εικόνα 4.13, η οποία εμφανίζει πληροφορίες για το πρόγραμμα και τον κατασκευαστή του.



Εικόνα 4.13

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α΄

Data Sheets



DS5000T

Soft Microcontroller Module

www.dalsemi.com

FEATURES

- 8-bit 8051-compatible microcontroller adapts to task at hand:
 - 8 or 32 kbytes of nonvolatile RAM for program and/or data memory storage
 - Initial downloading of software in end system via on-chip serial port
 - Capable of modifying its own program and/or data memory in end use
- Crashproof operation:
 - Maintains all nonvolatile resources for 10 years in the absence of V_{CC}
 - Power-Fail Reset
 - Early Warning Power-Fail Interrupt
 - Watchdog Timer
- Software security feature:
 - Executes encrypted software to prevent unauthorized disclosure
- On-chip, full-duplex serial I/O ports
- Two on-chip timer/event counters
- 32 parallel I/O lines
- Compatible with industry standard 8051 instruction set and pinout
- Optional permanently powered real time clock (DS5000T)

PIN ASSIGNMENT

P1.0	1	40	V_{CC}
P1.1	2	39	P0.0 AD0
P1.2	3	38	P0.1 AD1
P1.3	4	37	P0.2 AD2
P1.4	5	36	P0.3 AD3
P1.5	6	35	P0.4 AD4
P1.6	7	34	P0.5 AD5
P1.7	8	33	P0.6 AD6
RST	9	32	P0.7 AD7
RXD P3.0	10	31	\overline{EA}
TXD P3.1	11	30	ALE
$\overline{INT0}$ P3.2	12	29	\overline{PSEN}
$\overline{INT1}$ P3.3	13	28	P2.7 A15
T0 P3.4	14	27	P2.6 A14
T1 P3.5	15	26	P2.5 A13
\overline{WR} P3.6	16	25	P2.4 A12
\overline{RD} P3.7	17	24	P2.3 A11
XTAL2	18	23	P2.2 A10
XTAL1	19	22	P2.1 A9
GND	20	21	P2.0 A8

40-Pin ENCAPSULATED PACKAGE

DESCRIPTION

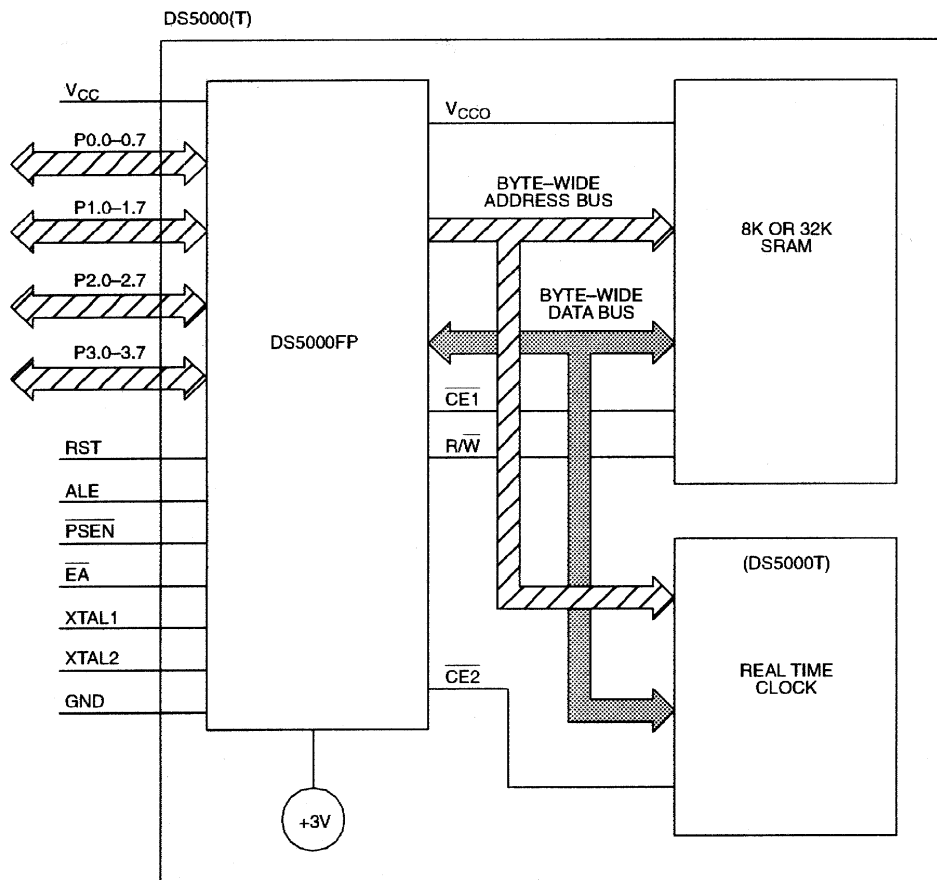
The DS5000(T) Soft Microcontroller Module is a fully 8051-compatible 8-bit CMOS microcontroller that offers “softness” in all aspects of its application. This is accomplished through the comprehensive use of nonvolatile technology to preserve all information in the absence of system V_{CC} . The internal program/data memory space is implemented using either 8 or 32 kbytes of nonvolatile CMOS SRAM. Furthermore, internal data registers and key configuration registers are also nonvolatile. An optional real time clock gives permanently powered timekeeping. The clock keeps time to a hundredth of a second using an onboard crystal.

ORDERING INFORMATION

PART NUMBER	RAM SIZE	MAX CRYSTAL SPEED	TIMEKEEPING?
DS5000-8-16	8 kbytes	16 MHz	No
DS5000-32-16	32 kbytes	16 MHz	No
DS5000-8-16	8 kbytes	16 MHz	Yes
DS5000T-32-16	32 kbytes	16 MHz	Yes

Operating information is contained in the User's Guide section of the Secure Microcontroller Data Book. This data sheet provides ordering information, pinout, and electrical specifications.

DS5000(T) BLOCK DIAGRAM Figure 1



PIN DESCRIPTION

PIN	DESCRIPTION
1-8	P1.0 - P1.7. General purpose I/O Port 1.
9	RST - Active high reset input. A logic 1 applied to this pin will activate a reset state. This pin is pulled down internally so this pin can be left unconnected if not used.
10	P3.0 RXD. General purpose I/O port pin 3.0. Also serves as the receive signal for the on board UART. This pin should not be connected directly to a PC COM port.
11	P3.1 TXD. General purpose I/O port pin 3.1. Also serves as the transmit signal for the on board UART. This pin should not be connected directly to a PC COM port.
12	P3.2 $\overline{\text{INT0}}$. General purpose I/O port pin 3.2. Also serves as the active low External Interrupt 0.
13	P3.3 $\overline{\text{INT1}}$. General purpose I/O port pin 3.3. Also serves as the active low External Interrupt 1.
14	P3.4 T0. General purpose I/O port pin 3.4. Also serves as the Timer 0 input.
15	P3.5 T1. General purpose I/O port pin 3.5. Also serves as the Timer 1 input.
16	P3.6 $\overline{\text{WR}}$. General purpose I/O port pin. Also serves as the write strobe for Expanded bus operation.
17	P3.7 $\overline{\text{RD}}$. General purpose I/O port pin. Also serves as the read strobe for Expanded bus operation.
18, 19	XTAL2, XTAL1. Used to connect an external crystal to the internal oscillator. XTAL1 is the input to an inverting amplifier and XTAL2 is the output.
20	GND. Logic ground.
21-28	P2.0-P2.7. General purpose I/O Port 2. Also serves as the MSB of the Expanded Address bus.
29	$\overline{\text{PSEN}}$ - Program Store Enable. This active low signal is used to enable an external program memory when using the Expanded bus. It is normally an output and should be unconnected if not used. $\overline{\text{PSEN}}$ also is used to invoke the Bootstrap Loader. At this time, $\overline{\text{PSEN}}$ will be pulled down externally. This should only be done once the DS5000(T) is already in a reset state. The device that pulls down should be open drain since it must not interfere with $\overline{\text{PSEN}}$ under normal operation.
30	ALE - Address Latch Enable. Used to de-multiplex the multiplexed Expanded Address/Data bus on Port 0. This pin is normally connected to the clock input on a '373 type transparent latch. When using a parallel programmer, this pin also assumes the PROG function for programming pulses.
31	$\overline{\text{EA}}$ - External Access. This pin forces the DS5000(T) to behave like an 8031. No internal memory (or clock) will be available when this pin is at a logic low. Since this pin is pulled down internally, it should be connected to +5V to use NV RAM. In a parallel programmer, this pin also serves as V_{PP} for super voltage pulses.
32-39	P0.7-P0.0. General purpose I/O Port 0. This port is open-drain and cannot drive a logic 1. It requires external pullups. Port 0 is also the multiplexed Expanded Address/Data bus. When used in this mode, it does not require pullups.
40	V_{CC} - +5 volts.

PROGRAM LOADING CONFIGURATIONS Figure 3

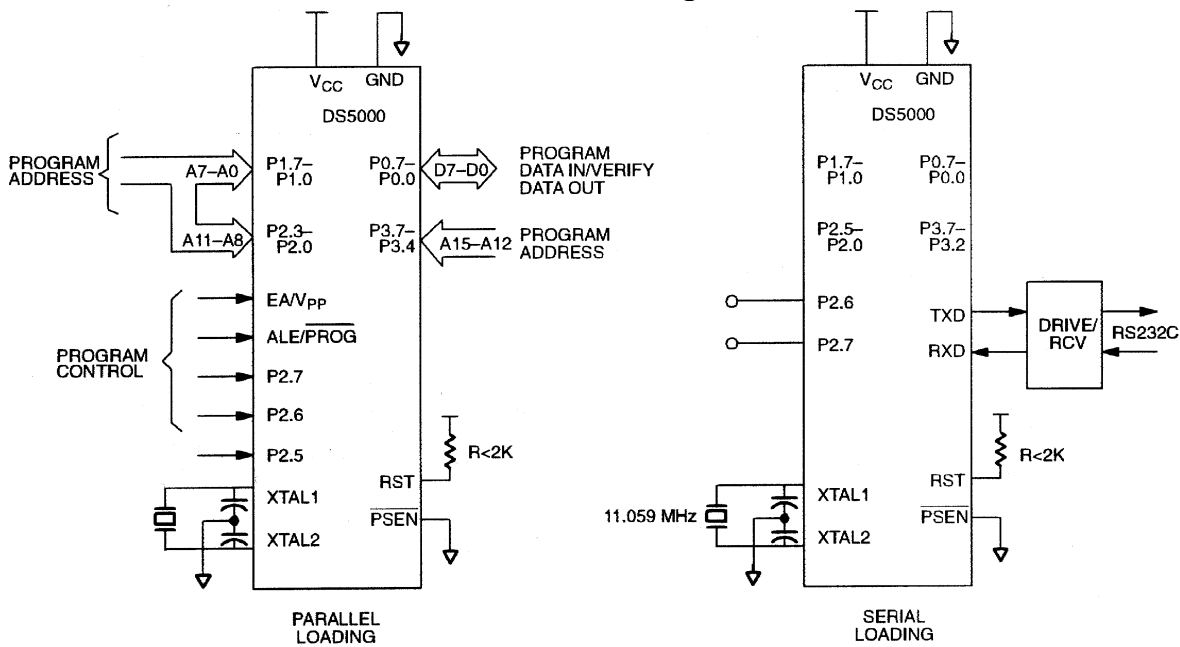


Table 1 summarizes the selection of the available Parallel Program Load cycles. The timing associated with these cycles is illustrated in the electrical specs.

SERIAL BOOTSTRAP LOADER

The Serial Program Load Mode is the easiest, fastest, most reliable, and most complete method of initially loading application software into the DS5000(T) nonvolatile RAM. Communication can be performed over a standard asynchronous serial communications port. A typical application would use a simple RS232C serial interface to program the DS5000(T) as a final production procedure. The hardware configuration which is required for the Serial Program Load mode is illustrated in Figure 3. Port pins 2.7 and 2.6 must be either open or pulled high to avoid placing the DS5000(T) in a parallel load cycle. Although an 11.0592 MHz crystal is shown in Figure 3, a variety of crystal frequencies and loader baud rates are supported, shown in Table 2. The serial loader is designed to operate across a 3-wire interface from a standard UART. The receive, transmit, and ground wires are all that are necessary to establish communication with the DS5000(T).

The Serial Bootstrap Loader implements an easy-to-use command line interface which allows an application program in an Intel hex representation to be loaded into and read back from the device. Intel hex is the typical format which existing 8051 cross-assemblers output. The serial loader responds to single character commands which are summarized below:

DS5000(T)

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*

Voltage on Any Pin Relative to Ground	-0.3V to +7.0V
Operating Temperature	0°C to 70°C
Storage Temperature	-40°C to +70°C
Soldering Temperature	260°C for 10 seconds

* This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.

DC CHARACTERISTICS $(t_A=0^{\circ}\text{C to }70^{\circ}\text{C}; V_{CC}=5\text{V} \pm 5\%)$

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Input Low Voltage	V_{IL}	-0.3		0.8	V	1
Input High Voltage	V_{IH1}	2.0		$V_{CC}+0.3$	V	1
Input High Voltage RST, XTAL1	V_{IH2}	3.5		$V_{CC}+0.3$	V	1
Output Low Voltage @ $I_{OL}=1.6$ mA (Ports 1, 2, 3)	V_{OL1}		0.15	0.45	V	
Output Low Voltage @ $I_{OL}=3.2$ mA (Ports 0, ALE, $\overline{\text{PSEN}}$)	V_{OL2}		0.15	0.45	V	1
Output High Voltage @ $I_{OH}=-80$ μA (Ports 1, 2, 3)	V_{OH1}	2.4	4.8		V	1
Output High Voltage @ $I_{OH}=-400$ μA (Ports 0, ALE, $\overline{\text{PSEN}}$)	V_{OH2}	2.4	4.8		V	1
Input Low Current $V_{IN} = 0.45\text{V}$ (Ports 1, 2, 3)	I_{IL}			-50	μA	
Transition Current; 1 to 0 $V_{IN}=2.0\text{V}$ (Ports 1, 2, 3)	I_{TL}			-500	μA	
Input Leakage Current $0.45 < V_{IN} < V_{CC}$ (Port 0)	I_L			± 10	μA	
RST, $\overline{\text{EA}}$ Pulldown Resistor	R_{RE}	40		125	k Ω	
Stop Mode Current	I_{SM}			80	μA	4
Power-Fail Warning Voltage	V_{PFW}	4.15	4.6	4.75	V	1
Minimum Operating Voltage	V_{CCmin}	4.05	4.5	4.65	V	1
Programming Supply Voltage (Parallel Program Mode)	V_{PP}	12.5		13	V	1
Program Supply Current	I_{PP}		15	20	mA	
Operating Current DS5000-8k @ 8MHz DS5000-32k @ 12 MHz DS5000(T)-32-16 @ 16 MHz	I_{CC}		25.2 35.7 45.6	43 48 54	mA	2
Idle Mode Current @ 12 MHz	I_{CC}		4.5	6.2	mA	3

AC CHARACTERISTICS: EXPANDED BUS MODE TIMING SPECIFICATIONS

($t_A=0^{\circ}\text{C}$ to 70°C ; $V_{CC}=5\text{V} \pm 5\%$)

#	PARAMETER	SYMBOL	MIN	MAX	UNITS
1	Oscillator Frequency	$1/t_{\text{CLK}}$	1.0	16	MHz
2	ALE Pulse Width	t_{ALPW}	$2t_{\text{CLK}} - 40$		ns
3	Address Valid to ALE Low	t_{AVALL}	$t_{\text{CLK}} - 40$		ns
4	Address Hold After ALE Low	t_{AVAAV}	$t_{\text{CLK}} - 35$		ns
5	ALE Low to Valid Instr. In @ 12 MHz @ 16 MHz	t_{ALLVI}		$4t_{\text{CLK}} - 150$ $4t_{\text{CLK}} - 90$	ns ns
6	ALE Low to $\overline{\text{PSEN}}$ Low	t_{ALLPSL}	$t_{\text{CLK}} - 25$		ns
7	$\overline{\text{PSEN}}$ Pulse Width	t_{PSPW}	$3t_{\text{CLK}} - 35$		ns
8	$\overline{\text{PSEN}}$ Low to Valid Instr. In @ 12 MHz @ 16 MHz	t_{PSLVI}		$3t_{\text{CLK}} - 150$ $3t_{\text{CLK}} - 90$	ns ns
9	Input Instr. Hold after $\overline{\text{PSEN}}$ Going High	t_{PSIV}	0		ns
10	Input Instr. Float after $\overline{\text{PSEN}}$ Going High	t_{PSIX}		$t_{\text{CLK}} - 20$	ns
11	Address Hold after $\overline{\text{PSEN}}$ Going High	t_{PSAV}	$t_{\text{CLK}} - 8$		ns
12	Address Valid to Valid Instr. In @ 12 MHz @ 16 MHz	t_{AVVI}		$5t_{\text{CLK}} - 150$ $5t_{\text{CLK}} - 90$	ns ns
13	$\overline{\text{PSEN}}$ Low to Address Float	t_{PSLAZ}	0		ns
14	$\overline{\text{RD}}$ Pulse Width	t_{RDPW}	$6t_{\text{CLK}} - 100$		ns
15	$\overline{\text{WR}}$ Pulse Width	t_{WRPW}	$6t_{\text{CLK}} - 100$		ns
16	$\overline{\text{RD}}$ Low to Valid Data In @ 12 MHz @ 16 MHz	t_{RDLDV}		$5t_{\text{CLK}} - 165$ $5t_{\text{CLK}} - 105$	ns ns
17	Data Hold after $\overline{\text{RD}}$ High	t_{RDHDV}	0		ns
18	Data Float after $\overline{\text{RD}}$ High	t_{RDHDZ}		$2t_{\text{CLK}} - 70$	ns
19	ALE Low to Valid Data In @ 12 MHz @ 16 MHz	t_{ALLVD}		$8t_{\text{CLK}} - 150$ $8t_{\text{CLK}} - 90$	ns ns
20	Valid Addr. to Valid Data In @ 12 MHz @ 16 MHz	t_{AVDV}		$9t_{\text{CLK}} - 165$ $9t_{\text{CLK}} - 105$	ns ns
21	ALE Low to $\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ Low	t_{ALLRDL}	$3t_{\text{CLK}} - 50$	$3t_{\text{CLK}} + 50$	ns
22	Address Valid to $\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ Low	t_{AVRDL}	$4t_{\text{CLK}} - 130$		ns
23	Data Valid to $\overline{\text{WR}}$ Going Low	t_{DVWRL}	$t_{\text{CLK}} - 60$		ns
24	Data Valid to $\overline{\text{WR}}$ High @ 12 MHz @ 16 MHz	t_{DVWRH}	$7t_{\text{CLK}} - 150$ $7t_{\text{CLK}} - 90$		ns ns
25	Data Valid after $\overline{\text{WR}}$ High	t_{WRHDV}	$t_{\text{CLK}} - 50$		ns
26	$\overline{\text{RD}}$ Low to Address Float	t_{RDLAZ}		0	ns
27	$\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ High to ALE High	t_{RDHALH}	$t_{\text{CLK}} - 40$	$t_{\text{CLK}} + 50$	ns



CMOS High-Speed 8-Bit ADCs with Multiplexer and Reference

MAX154/MAX158

General Description

The MAX154/MAX158 are high-speed multi-channel analog-to-digital converters (ADCs). The MAX154 has four analog input channels while the MAX158 has eight channels. Conversion time for both devices is 2.5μs. The MAX154/MAX158 also feature a 2.5V on-chip reference, forming a complete high-speed data acquisition system.

Both converters include a built-in track/hold, eliminating the need for an external track/hold. The analog input range is 0V to +5V, although the ADC operates from a single +5V supply.

Microprocessor interfaces are simplified by the ADC's ability to appear as a memory location or I/O port without the need for external logic. The data outputs use latched, three-state buffer circuitry to allow direct connection to a microprocessor data bus or system input port.

Applications

- Digital Signal Processing
- High-Speed Data Acquisition
- Telecommunications
- High-Speed Servo Control
- Audio Instrumentation

Features

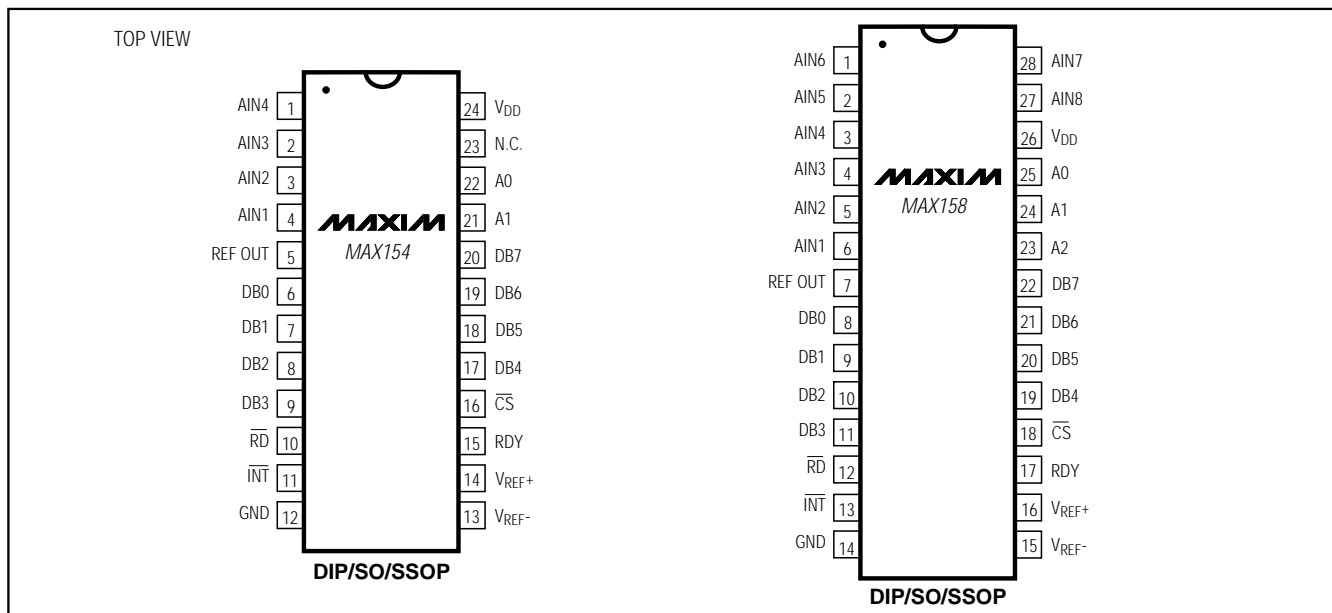
- ◆ One-Chip Data Acquisition System
- ◆ Four or Eight Analog Input Channels
- ◆ 2.5μs per Channel Conversion Time
- ◆ Internal 2.5V Reference
- ◆ Built-In Track/Hold Function
- ◆ 1/2LSB Error Specification
- ◆ Single +5V Supply Operation
- ◆ No External Clock
- ◆ New Space-Saving SSOP Package

Ordering Information

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE	ERROR (LSB)
MAX154ACNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP	±1/2
MAX154BCNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP	±1
MAX154BC/D	0°C to +70°C	Dice	±1/2
MAX154ACWG	0°C to +70°C	24 Wide SO	±1/2
MAX154BCWG	0°C to +70°C	24 Wide SO	±1
MAX154ACAG	0°C to +70°C	24 SSOP	±1/2
MAX154BCAG	0°C to +70°C	24 SSOP	±1

Ordering Information continued at end of data sheet.

Pin Configurations



Maxim Integrated Products

For free samples & the latest literature: <http://www.maxim-ic.com>, or phone 1-800-998-8800

CMOS High-Speed 8-Bit ADCs with Multiplexer and Reference

MAX154/MAX158

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage, V_{DD} to GND.....0V, +10V
 Voltage at Any Other Pins.....GND -0.3V, V_{DD} +0.3V
 Output Current (REF OUT).....30mA
 Power Dissipation (any package) to +75°C450mW
 Derate above +25°C by6mW/°C

Operating Temperature Ranges
 MAX15_ _C_0°C to +70°C
 MAX15_ _E_-40°C to +85°C
 MAX15_ _M_-55°C to +125°C
 Storage Temperature Range-65°C to +160°C
 Lead Temperature (soldering, 10sec)+300°C

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{DD} = +5V, V_{REF+} = +5V, V_{REF-} = GND, Mode 0, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted).

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
ACCURACY						
Resolution			8			Bits
Total Unadjusted Error (Note 1)		MAX15_A		±1/2		LSB
		MAX15_B		±1		
No-Missing-Codes Resolution			8			Bits
Channel-to-Channel Mismatch				±1/4		LSB
REFERENCE INPUT						
Reference Resistance			1		4	kΩ
V _{REF+} Input Voltage Range			V _{REF-}		V _{DD}	V
V _{REF-} Input Voltage Range			GND		V _{REF+}	V
REFERENCE OUTPUT (Note 2)						
Output Voltage	REF OUT	T _A = +25°C	2.47	2.50	2.53	V
Load Regulation		I _L = 0mA to 10mA, T _A = +25°C		-6	-10	mV
Power-Supply Sensitivity		V _{DD} ±5%, T _A = +25°C		±1	±3	mV
Temperature Drift (Note 3)		MAX15_ _C_		40	70	ppm/°C
		MAX15_ _E_		40	70	
		MAX15_ _M_		60	100	
Output Noise	e _N			200		μV/rms
Capacitive Load					0.01	μF
ANALOG INPUT						
Analog Input Voltage Range	A _{INR}		V _{REF-}		V _{REF+}	V
Analog Input Capacitance	C _{AIN}			45		pF
Analog Input Current	I _{AIN}	Any channel, A _{IN} = 0V to 5V			±3	μA
Slew Rate, Tracking	SR			0.7	0.157	V/μs
LOGIC INPUTS (\overline{RD}, \overline{CS}, A0, A1, A2)						
Input High Voltage	V _{INH}		2.4			V
Input Low Voltage	V _{INL}				0.8	V
Input High Current	I _{INH}				1	μA
Input Low Current	I _{INL}				-1	μA
Input Capacitance (Note 4)	C _{IN}			5	8	pF

CMOS High-Speed 8-Bit ADCs with Multiplexer and Reference

MAX154/MAX158

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V_{DD} = +5V, V_{REF+} = +5V, V_{REF-} = GND, MODE 0, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted).

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
LOGIC OUTPUTS						
Output High Voltage	V _{OH}	DB0-DB7, $\overline{\text{INT}}$; I _{OUT} = -360μA	4.0			V
Output Low Voltage	V _{OL}	DB0-DB7, $\overline{\text{INT}}$; RDY	I _{OUT} = 1.6mA		0.4	V
			I _{OUT} = 2.6mA		0.4	
Three-State Output Current		DB0-DB7, RDY; V _{OUT} = 0V to V _{DD}			±3	μA
Output Capacitance (Note 4)	C _{OUT}			5	8	pF
POWER-SUPPLY						
Supply Voltage	V _{DD}	5V ±5% for specified performance	4.75		5.25	V
Supply Current	I _{DD}	$\overline{\text{CS}} = \overline{\text{RD}} = 2.4V$			15	mA
Power Dissipation				25	75	mW
Power-Supply Sensitivity	PSS	V _{DD} = ±5%		±1/16	±1/4	LSB

Note 1: Total unadjusted error includes offset, full-scale, and linearity errors.

Note 2: Specified with no external load unless otherwise noted.

Note 3: Temperature drift is defined as change in output voltage from +25°C to T_{MIN} or T_{MAX} divided by (25 - T_{MIN}) or (T_{MAX} - 25).

Note 4: Guaranteed by design.

TIMING CHARACTERISTICS (Note 5)

(V_{DD} = +5V, V_{REF+} = +5V, V_{REF-} = GND, MODE 0, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted).

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	T _A = +25°C			MAX15_C/E		MAX15_M		UNITS	
			MIN	TYP	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX		
$\overline{\text{CS}}$ to $\overline{\text{RD}}$ Setup Time	t _{CSS}		0			0		0		ns	
$\overline{\text{CS}}$ to $\overline{\text{RD}}$ Hold Time	t _{CSH}		0			0		0		ns	
Multiplexer Address Setup Time	t _{AS}		0			0		0		ns	
Multiplexer Address Hold Time	t _{AH}		30			35		40		ns	
$\overline{\text{CS}}$ to RDY Delay	t _{RDY}	C _L = 50pF, R _L = 5kΩ		30	40		60		60	ns	
Conversion Time (Mode 0)	t _{CRD}			1.6	2.0		2.4		2.8	μs	
Data Access Time After $\overline{\text{RD}}$	t _{ACC1}	(Note 6)			85		110		120	ns	
Data Access Time After $\overline{\text{INT}}$, Mode 0	t _{ACC2}	(Note 6)		20	50		60		70	ns	
$\overline{\text{RD}}$ to $\overline{\text{INT}}$ Delay (Mode 1)	t _{INTH}	C _L = 50pF		40	75		100		100	ns	
Data Hold Time	t _{DH}	(Note 7)			60		70		70	ns	
Delay Time Between Conversions	t _P			500			500		600	ns	
$\overline{\text{RD}}$ Pulse Width (Mode 1)	t _{RD}			60	600		80	500	80	400	ns

Note 5: All input control signals are specified with t_R = t_F = 20ns (10% to 90% of +5V) and timed from a 1.6V voltage level.

Note 6: Measured with load circuits of Figure 1 and defined as the time required for an output to cross 0.8V or 2.4V.

Note 7: Defined as the time required for the data lines to change 0.5V when loaded with the circuits of Figure 2.

CMOS High-Speed 8-Bit ADCs with Multiplexer and Reference

Pin Descriptions

MAX154/MAX158

PIN MAX154	NAME	FUNCTION
1	AIN4	Analog Input Channel 4
2	AIN3	Analog Input Channel 3
3	AIN2	Analog Input Channel 2
4	AIN1	Analog Input Channel 1
5	REF OUT	Reference Output (2.5V) for MAX154
6	DB0	Three-State Data Output, bit 0 (LSB)
7	DB1	Three-State Data Output, bit 1
8	DB2	Three-State Data Output, bit 2
9	DB3	Three-State Data Output, bit 3
10	\overline{RD}	Read Input. \overline{RD} controls conversions and data access. See <i>Digital Interface</i> section.
11	\overline{INT}	Interrupt Output. \overline{INT} going low indicates the completion of a conversion. See <i>Digital Interface</i> section.
12	GND	Ground
13	VREF-	Lower Limit of Reference Span. Sets the zero-code voltage. Range: GND to VREF+.
14	VREF+	Upper Limit of Reference Span. Sets the full-scale input voltage. Range: VREF- to VDD.
15	RDY	Ready Output. Open-drain output with no active pull-up device. Goes low when \overline{CS} goes low and high impedance at the end of a conversion.
16	\overline{CS}	Chip-Select Input. \overline{CS} must be low for the device to be selected.
17	DB4	Three-State Data Output, bit 4
18	DB5	Three-State Data Output, bit 5
19	DB6	Three-State Data Output, bit 6
20	DB7	Three-State Data Output, bit 7 (MSB)
21	A1	Channel Address 1 Input
22	A0	Channel Address 0 Input
23	NC	No Connect
24	VDD	Power-Supply Voltage, +5V

PIN MAX158	NAME	FUNCTION
1	AIN6	Analog Input Channel 6
2	AIN5	Analog Input Channel 5
3	AIN4	Analog Input Channel 4
4	AIN3	Analog Input Channel 3
5	AIN2	Analog Input Channel 2
6	AIN1	Analog Input Channel 1
7	REF OUT	Reference Output (2.5V) for MAX158
8	DB0	Three-State Data Output, bit 0 (LSB)
9	DB1	Three-State Data Output, bit 1
10	DB2	Three-State Data Output, bit 2
11	DB3	Three-State Data Output, bit 3
12	\overline{RD}	Read Input. \overline{RD} controls conversions and data access. See <i>Digital Interface</i> section.
13	\overline{INT}	Interrupt Output. \overline{INT} going low indicates the completion of a conversion. See <i>Digital Interface</i> section.
14	GND	Ground
15	VREF-	Lower Limit of Reference Span. Sets the zero-code voltage. Range: GND to VREF+.
16	VREF+	Upper Limit of Reference Span. Sets the full-scale input voltage. Range: VREF- to VDD.
17	RDY	Ready Output. Open-drain output with no active pull-up device. Goes low when \overline{CS} goes low and high impedance at the end of a conversion.
18	\overline{CS}	Chip-Select input. \overline{CS} must be low for the device to be selected.
19	DB4	Three-State Data Output, bit 4
20	DB5	Three-State Data Output, bit 5
21	DB6	Three-State Data Output, bit 6
22	DB7	Three-State Data Output, bit 7 (MSB)
23	A2	Channel Address 2 Input
24	A1	Channel Address 1 Input
25	A0	Channel Address 0 Input
26	VDD	Power-Supply Voltage, +5V
27	AIN8	Analog Input Channel 8
28	AIN7	Analog Input Channel 7

CMOS High-Speed 8-Bit ADCs with Multiplexer and Reference

Detailed Description

Converter Operations

The MAX154/MAX158 use what is commonly called a "half-flash" conversion technique (Figure 3). Two 4-bit flash ADC converter sections are used to achieve an 8-bit result. Using 15 comparators, the upper 4-bit MS (most significant) flash ADC compares the unknown input voltage to the reference ladder and provides the upper four data bits.

An internal DAC uses the MS bits to generate an analog signal from the first flash conversion. A residue voltage representing the difference between the unknown input and the DAC voltage is then compared to the reference ladder by 15 LS (least significant) flash comparators to obtain the lower four output bits.

Operating Sequence

The operating sequence is shown in Figure 4. A conversion is initiated by a falling edge of \overline{RD} and \overline{CS} . The comparator inputs track the analog input voltage for approximately 1 μ s. After this first cycle, the MS flash result is latched into the output buffers and the LS conversion begins. \overline{INT} goes low approximately 600ns later, indicating the end of the conversion, and that the lower four bits are latched into the output buffers. The data can then be accessed using the \overline{CS} and \overline{RD} inputs.

Digital Interface

The MAX154/MAX158 use only Chip Select (\overline{CS}) and Read (\overline{RD}) as control inputs. A READ operation, taking \overline{CS} and \overline{RD} low, latches the multiplexer address inputs and starts a conversion (Table 1).

Table 1. Truth Table for Input Channel Selection

MAX154/MX7824		MAX158/MX7828			SELECTED CHANNEL
A1	A0	A2	A1	A0	
0	0	0	0	0	AIN1
0	1	0	0	1	AIN2
1	0	0	1	0	AIN3
1	1	0	1	1	AIN4
		1	0	0	AIN5
		1	0	1	AIN6
		1	1	0	AIN7
		1	1	1	AIN8

There are two interface modes, which are determined by the length of the \overline{RD} input. Mode 0, implemented by keeping \overline{RD} low until the conversion ends, is designed for microprocessors that can be forced into a WAIT state. In this mode, a conversion is started with a READ operation (taking \overline{CS} and \overline{RD} low), and data is read when the conversion ends. Mode 1, on the other hand, does not require microprocessor WAIT states. A READ operation simultaneously initiates a conversion and reads the previous conversion result.

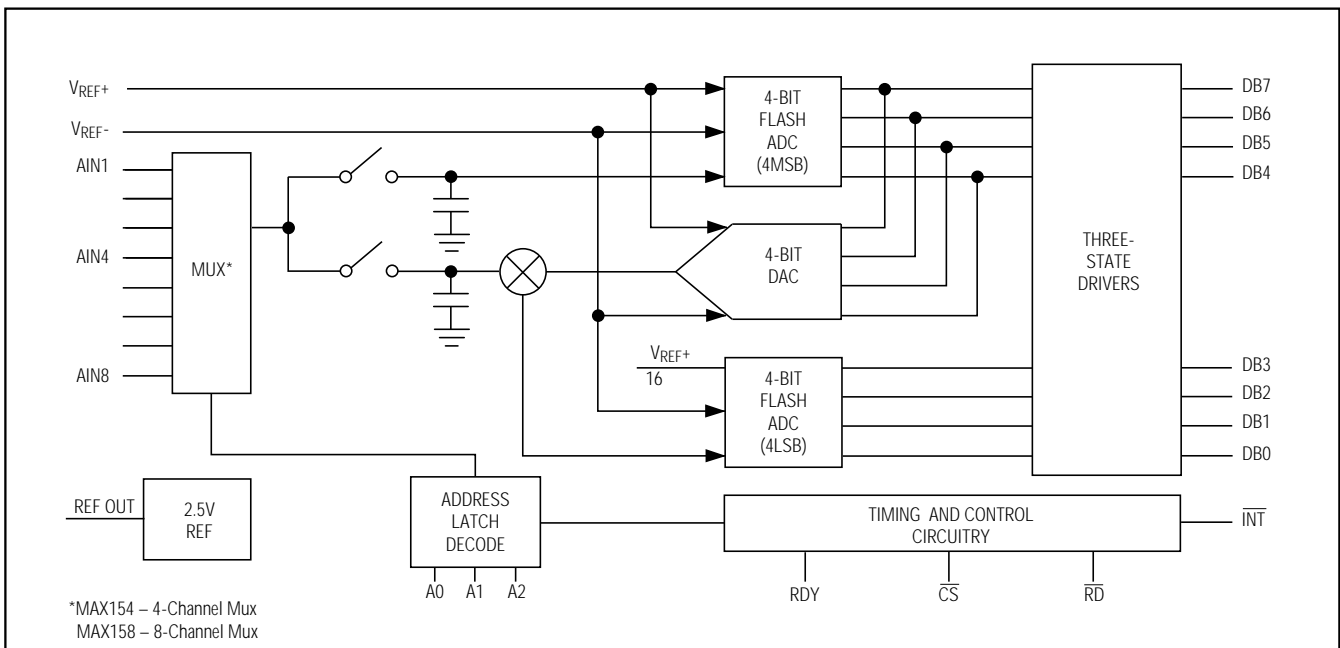


Figure 3. Functional Diagram

CMOS High-Speed 8-Bit ADCs with Multiplexer and Reference

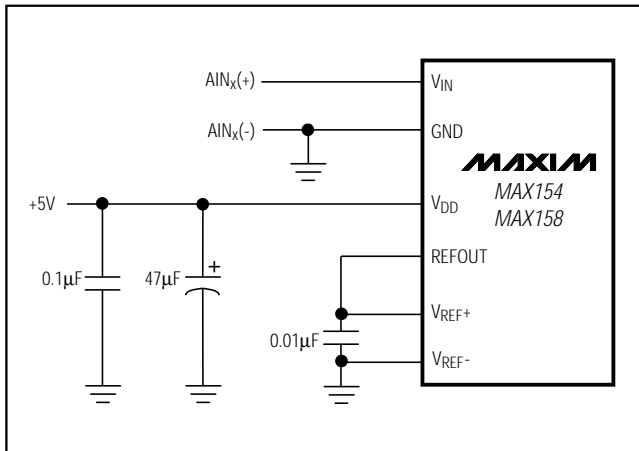


Figure 8a. Internal Reference

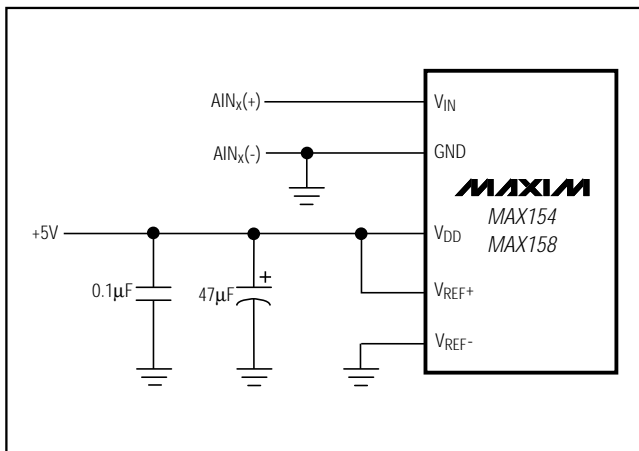


Figure 8b. Power Supply as Reference

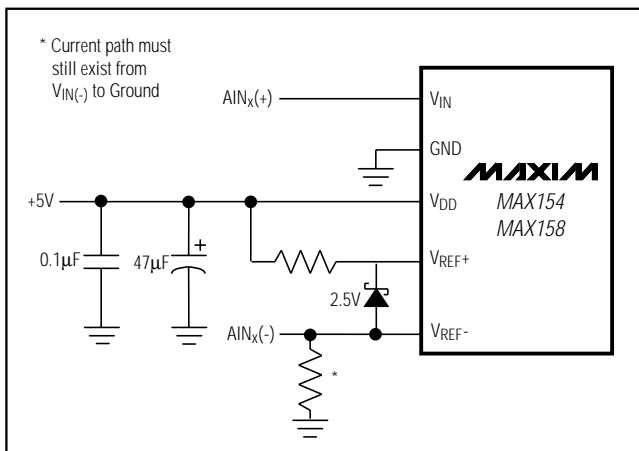


Figure 8c. Inputs Not Referenced to GND

Input Current

The converters' analog inputs behave somewhat differently from conventional ADCs. The sampled data comparators take varying amounts of current from the input, depending on the cycle they are in. The equivalent circuit of the converter is shown in Figure 9a. When the conversion starts, AIN(n) is connected to the MS and LS comparators. Thus, AIN(n) is connected to thirty-one 1pF capacitors.

To acquire the input signal in approximately 1µs, the input capacitors must charge to the input voltage through the on-resistance of the multiplexer (about 600Ω) and the comparator's analog switches (2kΩ to 5kΩ per comparator). In addition, about 12pF of stray capacitance must be charged. The input can be modeled as an equivalent RC network shown in Figure 9b. As Rs (source impedance) increases, the capacitors take longer to charge.

Since the length of the input acquisition time is internally set, large source resistances (greater than 100Ω) will cause settling errors. The output impedance of an op-amp is its open-loop output impedance divided by the loop gain at the frequency of interest. It is important that the amplifier driving the converter input have sufficient loop gain at approximately 1MHz to maintain low output impedance.

Input Filtering

The transients in the analog input caused by the sampled data comparators do not degrade the converter's performance, since the ADC does not "look" at the input when these transients occur. The comparator's outputs track the input during the first 1µs of the conversion, and are then latched. Therefore, at least 1µs will be provided to charge the ADC's input capacitance. It is not necessary to filter these transients with an external capacitor on the AIN terminals.

Sinusoidal Inputs

The MAX154/MAX158 can measure input signals with slew rates as high as 157mV/µs to the rated specifications. This means that the analog input frequency can be as high as 10kHz without the aid of an external track/hold. The maximum sampling rate is limited by the conversion time (typical tCRD = 2µs) plus the time required between conversions (tp = 500ns). It is calculated as:

$$f_{MAX} = \frac{1}{t_{CRD} + t_p} = \frac{1}{(2.0 + 0.5) \mu s} = 400kHz$$

fMAX permits a maximum sampling rate of 50kHz per channel when using the MAX158 and 100kHz per channel when using the MAX154. These rates are well above the Nyquist requirement of 20kHz sampling rate for a 10kHz input bandwidth.



+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

General Description

The MAX220-MAX249 family of line drivers/receivers is intended for all EIA/TIA-232E and V.28/V.24 communications interfaces, particularly applications where ±12V is not available.

These parts are especially useful in battery-powered systems, since their low-power shutdown mode reduces power dissipation to less than 5μW. The MAX225, MAX233, MAX235, and MAX245/MAX246/MAX247 use no external components and are recommended for applications where printed circuit board space is critical.

Applications

- Portable Computers
- Low-Power Modems
- Interface Translation
- Battery-Powered RS-232 Systems
- Multi-Drop RS-232 Networks

Features

Superior to Bipolar

- ◆ Operate from Single +5V Power Supply (+5V and +12V—MAX231/MAX239)
- ◆ Low-Power Receive Mode in Shutdown (MAX223/MAX242)
- ◆ Meet All EIA/TIA-232E and V.28 Specifications
- ◆ Multiple Drivers and Receivers
- ◆ 3-State Driver and Receiver Outputs
- ◆ Open-Line Detection (MAX243)

Ordering Information

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX220CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX220CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX220CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX220C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX220EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX220ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX220EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX220EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX220MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP

Ordering Information continued at end of data sheet.

*Contact factory for dice specifications.

Selection Table

Part Number	Power Supply (V)	No. of RS-232 Drivers/Rx	No. of Ext. Caps	Nominal Cap. Value (μF)	SHDN & Three-State	Rx Active in SHDN	Data Rate (kbps)	Features
MAX220	+5	2/2	4	4.7/10	No	—	120	Ultra-low-power, industry-standard pinout
MAX222	+5	2/2	4	0.1	Yes	—	200	Low-power shutdown
MAX223 (MAX213)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	✓	120	MAX241 and receivers active in shutdown
MAX225	+5	5/5	0	—	Yes	✓	120	Available in SO
MAX230 (MAX200)	+5	5/0	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	5 drivers with shutdown
MAX231 (MAX201)	+5 and +7.5 to +13.2	2/2	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; same functions as MAX232
MAX232 (MAX202)	+5	2/2	4	1.0 (0.1)	No	—	120 (64)	Industry standard
MAX232A	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Higher slew rate, small caps
MAX233 (MAX203)	+5	2/2	0	—	No	—	120	No external caps
MAX233A	+5	2/2	0	—	No	—	200	No external caps, high slew rate
MAX234 (MAX204)	+5	4/0	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488
MAX235 (MAX205)	+5	5/5	0	—	Yes	—	120	No external caps
MAX236 (MAX206)	+5	4/3	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Shutdown, three state
MAX237 (MAX207)	+5	5/3	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Complements IBM PC serial port
MAX238 (MAX208)	+5	4/4	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488 and 1489
MAX239 (MAX209)	+5 and +7.5 to +13.2	3/5	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; single-package solution for IBM PC serial port
MAX240	+5	5/5	4	1.0	Yes	—	120	DIP or flatpack package
MAX241 (MAX211)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Complete IBM PC serial port
MAX242	+5	2/2	4	0.1	Yes	✓	200	Separate shutdown and enable
MAX243	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Open-line detection simplifies cabling
MAX244	+5	8/10	4	1.0	No	—	120	High slew rate
MAX245	+5	8/10	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, two shutdown modes
MAX246	+5	8/10	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, three shutdown modes
MAX247	+5	8/9	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, nine operating modes
MAX248	+5	8/8	4	1.0	Yes	✓	120	High slew rate, selective half-chip enables
MAX249	+5	6/10	4	1.0	Yes	✓	120	Available in quad flatpack package



Maxim Integrated Products

For free samples & the latest literature: <http://www.maxim-ic.com>, or phone 1-800-998-8800.
For small orders, phone 1-800-835-8769.

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

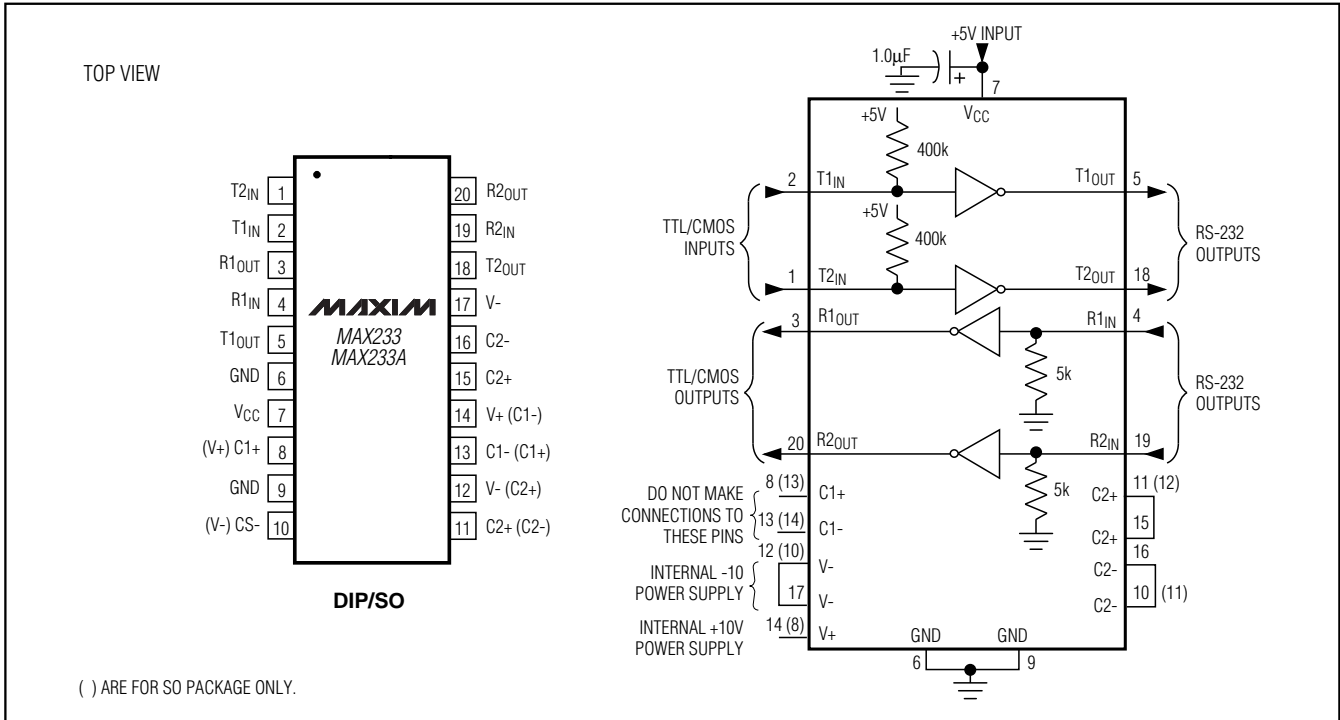


Figure 11. MAX233/MAX233A Pin Configuration and Typical Operating Circuit

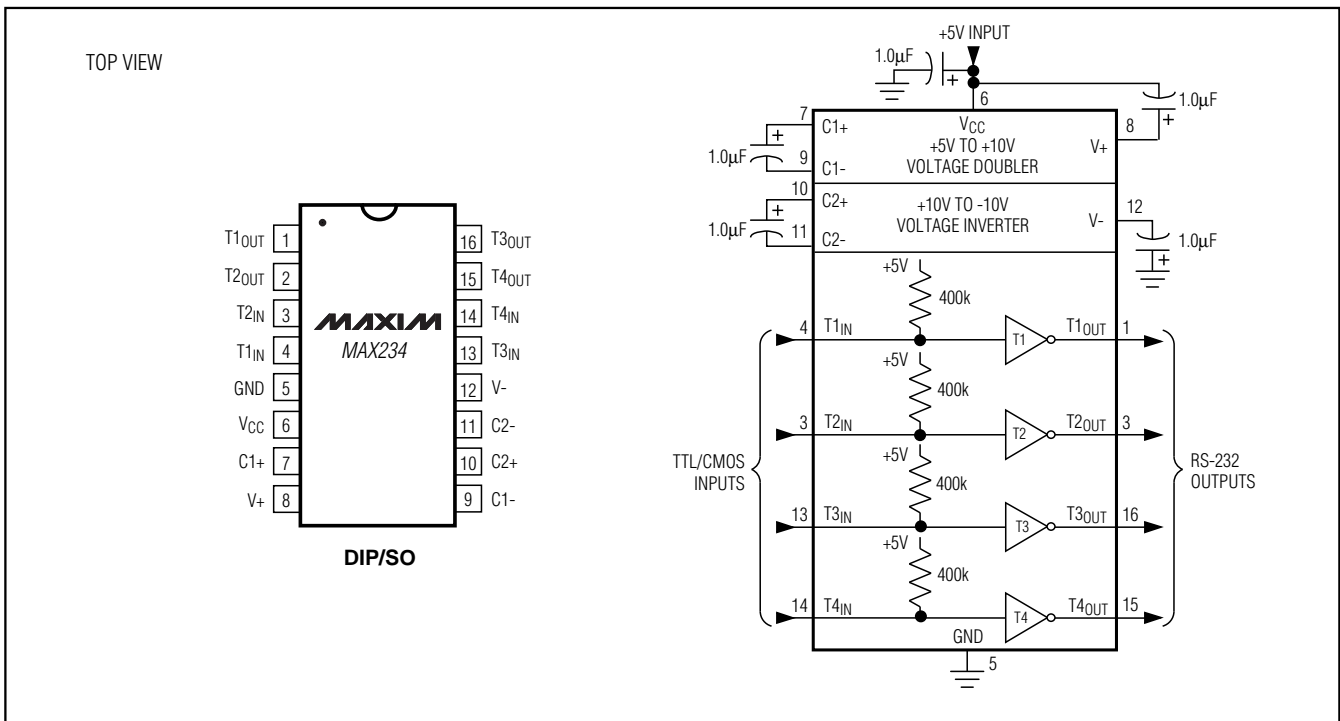


Figure 12. MAX234 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

General Description

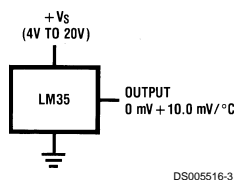
The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of $\pm 1/4^\circ\text{C}$ at room temperature and $\pm 3/4^\circ\text{C}$ over a full -55 to $+150^\circ\text{C}$ temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only $60\ \mu\text{A}$ from its supply, it has very low self-heating, less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a -55° to $+150^\circ\text{C}$ temperature range, while the LM35C is rated for a -40° to $+110^\circ\text{C}$ range (-10° with improved accuracy). The LM35 series is available packaged in

hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-220 package.

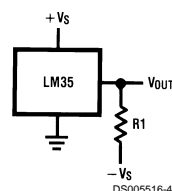
Features

- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear + 10.0 mV/°C scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at +25°C)
- Rated for full -55° to $+150^\circ\text{C}$ range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than $60\ \mu\text{A}$ current drain
- Low self-heating, 0.08°C in still air
- Nonlinearity only $\pm 1/4^\circ\text{C}$ typical
- Low impedance output, $0.1\ \Omega$ for 1 mA load

Typical Applications



DS005516-3
FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor (+2°C to +150°C)

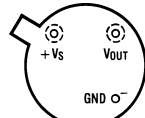


Choose $R_1 = -V_S/50\ \mu\text{A}$
 $V_{OUT} = +1,500\ \text{mV}$ at $+150^\circ\text{C}$
 $= +250\ \text{mV}$ at $+25^\circ\text{C}$
 $= -550\ \text{mV}$ at -55°C

DS005516-4
FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

Connection Diagrams

**TO-46
Metal Can Package***

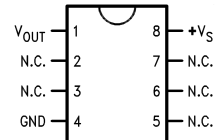


BOTTOM VIEW
DS005516-1

*Case is connected to negative pin (GND)

**Order Number LM35H, LM35AH, LM35CH, LM35CAH or
LM35DH**
See NS Package Number H03H

**SO-8
Small Outline Molded Package**

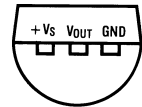


DS005516-21

N.C. = No Connection

Top View
Order Number LM35DM
See NS Package Number M08A

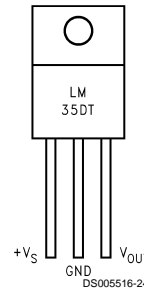
**TO-92
Plastic Package**



BOTTOM VIEW
DS005516-2

**Order Number LM35CZ,
LM35CAZ or LM35DZ**
See NS Package Number Z03A

**TO-220
Plastic Package***



DS005516-24

*Tab is connected to the negative pin (GND).

Note: The LM35DT pinout is different than the discontinued LM35DP.

Order Number LM35DT
See NS Package Number TA03F

Absolute Maximum Ratings (Note 10)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	+35V to -0.2V
Output Voltage	+6V to -1.0V
Output Current	10 mA
Storage Temp.:	
TO-46 Package,	-60°C to +180°C
TO-92 Package,	-60°C to +150°C
SO-8 Package,	-65°C to +150°C
TO-220 Package,	-65°C to +150°C
Lead Temp.:	
TO-46 Package,	
(Soldering, 10 seconds)	300°C

TO-92 and TO-220 Package, (Soldering, 10 seconds)	260°C
SO Package (Note 12)	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
ESD Susceptibility (Note 11)	2500V
Specified Operating Temperature Range: T_{MIN} to T_{MAX} (Note 2)	
LM35, LM35A	-55°C to +150°C
LM35C, LM35CA	-40°C to +110°C
LM35D	0°C to +100°C

Electrical Characteristics

(Notes 1, 6)

Parameter	Conditions	LM35A			LM35CA			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	±0.2	±0.5		±0.2	±0.5		°C
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	±0.3			±0.3		±1.0	°C
	$T_A = T_{MAX}$	±0.4	±1.0		±0.4	±1.0		°C
	$T_A = T_{MIN}$	±0.4	±1.0		±0.4		±1.5	°C
Nonlinearity (Note 8)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	±0.18		±0.35	±0.15		±0.3	°C
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	+10.0	+9.9, +10.1		+10.0		+9.9, +10.1	mV/°C
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1$ mA	$T_A = +25^\circ\text{C}$	±0.4	±1.0		±0.4	±1.0		mV/mA
	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	±0.5		±3.0	±0.5		±3.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	±0.01	±0.05		±0.01	±0.05		mV/V
	$4V \leq V_S \leq 30V$	±0.02		±0.1	±0.02		±0.1	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5V, +25^\circ\text{C}$	56	67		56	67		µA
	$V_S = +5V$	105		131	91		114	µA
	$V_S = +30V, +25^\circ\text{C}$	56.2	68		56.2	68		µA
	$V_S = +30V$	105.5		133	91.5		116	µA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4V \leq V_S \leq 30V, +25^\circ\text{C}$	0.2	1.0		0.2	1.0		µA
	$4V \leq V_S \leq 30V$	0.5		2.0	0.5		2.0	µA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.5	+0.39		+0.5	µA/°C
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	°C
Long Term Stability	$T_J = T_{MAX}$, for 1000 hours	±0.08			±0.08			°C

Electrical Characteristics								
(Notes 1, 6)								
Parameter	Conditions	LM35			LM35C, LM35D			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy, LM35, LM35C (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	±0.4	±1.0		±0.4	±1.0		°C
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	±0.5			±0.5		±1.5	°C
	$T_A = T_{\text{MAX}}$	±0.8	±1.5		±0.8		±1.5	°C
	$T_A = T_{\text{MIN}}$	±0.8		±1.5	±0.8		±2.0	°C
Accuracy, LM35D (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$				±0.6	±1.5		°C
	$T_A = T_{\text{MAX}}$				±0.9		±2.0	°C
	$T_A = T_{\text{MIN}}$				±0.9		±2.0	°C
Nonlinearity (Note 8)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	±0.3		±0.5	±0.2		±0.5	°C
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	+10.0	+9.8, +10.2		+10.0		+9.8, +10.2	mV/°C
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1$ mA	$T_A = +25^\circ\text{C}$	±0.4	±2.0		±0.4	±2.0		mV/mA
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	±0.5		±5.0	±0.5		±5.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	±0.01	±0.1		±0.01	±0.1		mV/V
	$4V \leq V_S \leq 30V$	±0.02		±0.2	±0.02		±0.2	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5V, +25^\circ\text{C}$	56	80		56	80		µA
	$V_S = +5V$	105		158	91		138	µA
	$V_S = +30V, +25^\circ\text{C}$	56.2	82		56.2	82		µA
	$V_S = +30V$	105.5		161	91.5		141	µA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4V \leq V_S \leq 30V, +25^\circ\text{C}$	0.2	2.0		0.2	2.0		µA
	$4V \leq V_S \leq 30V$	0.5		3.0	0.5		3.0	µA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.7	+0.39		+0.7	µA/°C
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of <i>Figure 1</i> , $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	°C
Long Term Stability	$T_J = T_{\text{MAX}}$, for 1000 hours	±0.08			±0.08			°C

Note 1: Unless otherwise noted, these specifications apply: $-55^\circ\text{C} \leq T_J \leq +150^\circ\text{C}$ for the LM35 and LM35A; $-40^\circ\text{C} \leq T_J \leq +110^\circ\text{C}$ for the LM35C and LM35CA; and $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +100^\circ\text{C}$ for the LM35D. $V_S = +5\text{Vdc}$ and $I_{\text{LOAD}} = 50 \mu\text{A}$, in the circuit of *Figure 2*. These specifications also apply from $+2^\circ\text{C}$ to T_{MAX} in the circuit of *Figure 1*. Specifications in **boldface** apply over the full rated temperature range.

Note 2: Thermal resistance of the TO-46 package is 400°C/W junction to ambient, and 24°C/W junction to case. Thermal resistance of the TO-92 package is 180°C/W junction to ambient. Thermal resistance of the small outline molded package is 220°C/W junction to ambient. Thermal resistance of the TO-220 package is 90°C/W junction to ambient. For additional thermal resistance information see table in the Applications section.

Note 3: Regulation is measured at constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output due to heating effects can be computed by multiplying the internal dissipation by the thermal resistance.

Note 4: Tested Limits are guaranteed and 100% tested in production.

Note 5: Design Limits are guaranteed (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.

Note 6: Specifications in **boldface** apply over the full rated temperature range.

Note 7: Accuracy is defined as the error between the output voltage and $10\text{mV}/^\circ\text{C}$ times the device's case temperature, at specified conditions of voltage, current, and temperature (expressed in °C).

Note 8: Nonlinearity is defined as the deviation of the output-voltage-versus-temperature curve from the best-fit straight line, over the device's rated temperature range.

Note 9: Quiescent current is defined in the circuit of *Figure 1*.

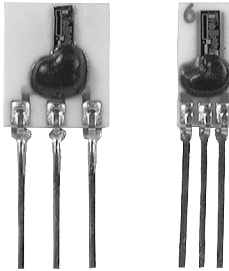
Note 10: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its rated operating conditions. See Note 1.

Note 11: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 kΩ resistor.

Note 12: See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" or the section titled "Surface Mount" found in a current National Semiconductor Linear Data Book for other methods of soldering surface mount devices.

Humidity Sensor HIH Series

Relative Humidity



FEATURES

- Linear voltage output vs %RH
- Laser trimmed interchangeability
- Low power design
- High accuracy
- Fast response time
- Stable, low drift performance
- Chemically resistant

TYPICAL APPLICATIONS

- Refrigeration
- Drying
- Meteorology
- Battery-powered systems
- OEM assemblies

GENERAL INFORMATION

The HIH-3605 monolithic IC (Integrated Circuit) humidity sensor is designed specifically for high volume OEM (Original Equipment Manufacturer) users. Direct input to a controller or other device is made possible by this sensor's linear voltage output. With a typical current draw of only 200 μ A, the HIH-3605 is ideally suited for low drain, battery powered systems.

The HIH-3605 delivers instrumentation quality RH sensing performance in a low cost, solderable SIP (Single In-line Package). Available in two lead spacing configurations, the RH sensor is a laser trimmed thermoset polymer capacitive sensing element with on-chip integrated signal conditioning.

ORDER GUIDE

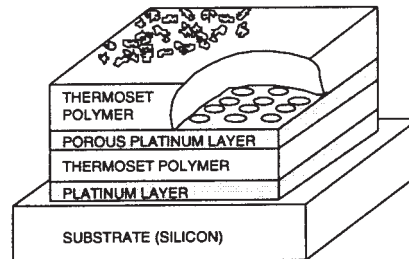
Catalog Listing	Description
HIH-3605-A	Integrated circuit humidity sensor, 0.100 in. lead pitch SIP
HIH-3605-A-CP	Integrated circuit humidity sensor, 0.100 in. lead pitch SIP with calibration and data printout
HIH-3605-B	Integrated circuit humidity sensor, 0.050 in. lead pitch SIP
HIH-3605-B-CP	Integrated circuit humidity sensor, 0.050 in. lead pitch SIP with calibration and data printout.

NIST CALIBRATION

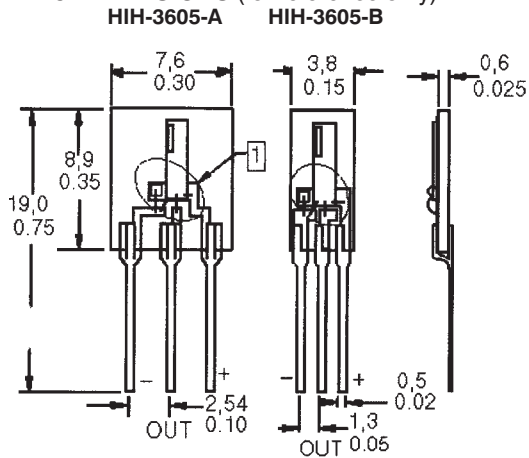
HIH-3605 sensors may be ordered with a NIST calibration and sensor specific data printout. Append "-CP" to the model number to order.

RH SENSOR CONSTRUCTION

Sensor construction consists of a planar capacitor with a second polymer layer to protect against dirt, dust, oils and other hazards.



MOUNTING DIMENSIONS (for reference only)



1 Protective Sealant

CAUTION

PRODUCT DAMAGE

The inherent design of this component causes it to be sensitive to electrostatic discharge (ESD). To prevent ESD-induced damage and/or degradation, take normal ESD precautions when handling this product.

Humidity

Humidity Sensor HIH Series Relative Humidity

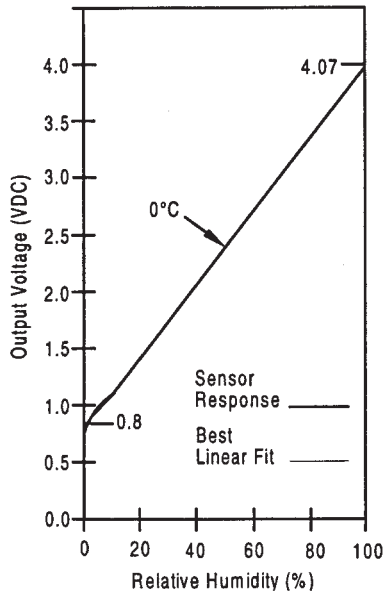
PERFORMANCE SPECIFICATIONS

Parameter	Conditions
RH Accuracy ⁽¹⁾	±2% RH, 0-100% RH non-condensing, 25°C, V _{supply} = 5 VDC
RH Interchangeability	±5% RH, 0-60% RH; ±8% @ 90% RH typical
RH Linearity	±0.5% RH typical
RH Hysteresis	±1.2% of RH span maximum
RH Repeatability	±0.5% RH
RH Response Time, 1/e	15 sec in slowly moving air at 25°C
RH Stability	±1% RH typical at 50% RH in 5 years
Power Requirements	
Voltage Supply	4 to 5.8 VDC, sensor calibrated at 5 VDC
Current Supply	200 μA at 5 VDC, 2 mA typical at 9 VDC
Voltage Output	V _{out} = V _{supply} (0.0062 (Sensor RH) + 0.16), typical @ 25°C (Data printout provides a similar, but sensor specific, equation at 25°C.)
V _{supply} = 5 VDC	0.8 to 3.9 VDC output @ 25°C typical
Drive Limits	Push/pull symmetric; 50 μA typical, 20 μA minimum, 100 μA maximum Turn-on ≤0.1 second
Temp. Compensation	True RH = (Sensor RH)/(1.093-0.0012T), T in °F True RH = (Sensor RH)/(1.0546-0.00216T), T in °C
Effect @ 0% RH	±0.007% RH/°C (negligible)
Effect @ 100% RH	-0.22% RH/°C (<1% RH effect typical in occupied space systems above 15°C (59°F))
Humidity Range	
Operating	0 to 100% RH, non-condensing ⁽¹⁾
Storage	0 to 90% RH, non-condensing
Temperature Range	
Operating	-40° to 85°C (-40° to 185°F)
Storage	-51° to 125°C (-60° to 257°F)
Package ⁽²⁾	Three pin solderable ceramic SIP
Handling	Static sensitive diode protected to 15 kV maximum

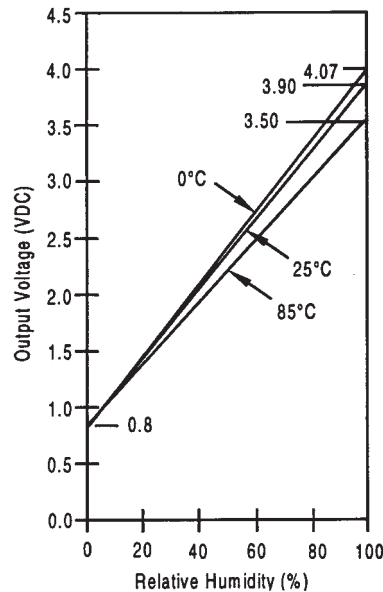
Notes:

1. Extended exposure to ≥90% RH causes a reversible shift of 3% RH.
2. This sensor is light sensitive. For best results, shield the sensor from bright light.

OUTPUT VOLTAGE VS RELATIVE HUMIDITY (at 0°C)



OUTPUT VOLTAGE VS RELATIVE HUMIDITY (at 0°C, 25°C, and 85°C)



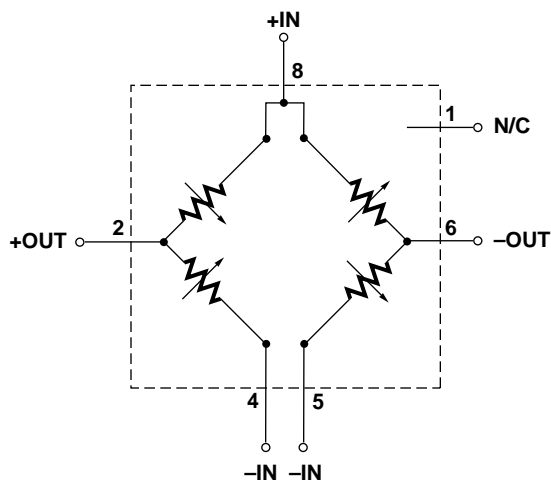
NPP-301 Series Surface Mount Pressure Sensor

DESCRIPTION

The NPP Series features silicon pressure sensors in surface mount packages. An ultra-small Silicon Fusion Bonded (SFB), ultra-high stability SenStable® piezoresistive chip from Lucas NovaSensor® is placed in a plastic package that exploits high volume, leadframe package technology to bring forth a low-cost sensor alternative to the OEM user.

With constant voltage excitation, the NPP-301 produces a voltage output that is linearly proportional to the input pressure. The user can provide NPP Series products with signal conditioning circuitry to amplify the output signal or to maximize OEM value added. The NPP Series is compatible with most noncorrosive gases and dry air.

SCHEMATIC DIAGRAM



FEATURES

- Low-cost surface mount package: SO-8
- Wide operating temperature range: -40 to +125°C
- Static accuracy < 0.20% FSO maximum
- Suitable for automated component assembly
- Four element Wheatstone bridge configuration for circuit design flexibility
- Solid-state reliability
- 100, 200 and 700 kPa absolute pressure ranges available

APPLICATIONS

- Automotive Tire Pressure
- Pneumatic Controls
- Pressure Switches and Controllers
- Altimeters and Barometers
- Cable Leak Detection
- Consumer Appliances
- Portable Gages and Manometers

HOW TO ORDER

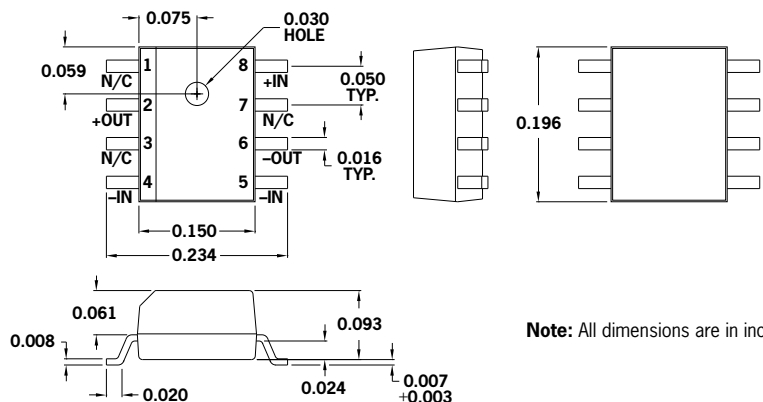
Part Number:	Description:
NPP-301-100A	15 psia, SO-8
NPP-301-200A	30 psia, SO-8
NPP-301-700A	100 psia, SO-8

PARAMETER	VALUE	UNITS	NOTES
GENERAL			
Pressure Range	100	kPa	≈ 15 psi
	200	kPa	≈ 30 psi
	700	kPa	≈ 100 psi
Maximum Pressure	3 x		rated pressure
ELECTRICAL @ 25°C (77°F) unless otherwise stated			
Excitation	3.0	V	10VDC max.
Input Impedance	5,000 ± 20%	Ω	
Output Impedance	5,000 ± 20%	Ω	
ENVIRONMENTAL			
Electrostatic Damage (ESD)	>10	kV	Class 1
Operating Temperature Range	-40 to +125	°C	-40° to +257°F
MECHANICAL⁽¹⁾			
Weight	≈ 0.10	grams	
Media Compatibility	Clean, dry air and noncorrosive gases		

PERFORMANCE⁽²⁾						
PARAMETER	UNITS	MIN.	TYP.	MAX.	NOTES	
Offset	mV/V		± 10			
Full Scale Output	mV		60 ± 20			
Linearity	%FSO		± 0.20		3	
Hysteresis and Repeatability	%FSO		± 0.1			
Thermal Coefficient of Zero	%FSO/°C		± 0.04		4	
Thermal Coefficient of Resistance	%/°C		+0.30		4	
Thermal Coefficient of Sensitivity	%FSO/°C		-0.20		4	
Thermal Hysteresis of Zero	%FSO		± 0.10		5	
Long-Term Stability of FSO	%FSO		± 0.20		6	

Notes: 1. Standard IC industry bake operations should be used prior to surface mount operations. Consult factory for further information. 2. Values measured at 3VDC and

PACKAGE DIAGRAM



Note: All dimensions are in inches

Sales Terms: Lucas NovaSensor standard sales terms apply. Prices and specifications are subject to change without notice.
Warranty: Lucas NovaSensor warrants its products against defects in material and workmanship for 12 months from date of shipment. Products not subjected to misuse will be repaired or replaced. THE FOREGOING IS IN LIEU OF ANY OTHER EXPRESSED OR IMPLIED WARRANTIES. Lucas NovaSensor reserves the right to make changes to any product herein and assumes no liability arising out of the application or use of any product or circuit described or referenced herein.



LUCAS NOVASENSOR
<http://www.novasensor.com>



The Maximum #40 has three conical cups molded in one continuous piece. Cup rotation induces a sine wave voltage in a single coil by a four pole magnet. Two sine wave cycles are produced for each revolution of the cups with the frequency directly proportional to windspeed.

■ The Maximum #40 Anemometer has proven to be rugged, reliable and highly accurate. Over 100,000 units are now in use on wind farms, on mountaintops and in thousands of household, wind energy and institutional installations. ■ Maximum cup anemometers have recorded wind to 96 m/s (214mph). Their low moment of inertia and unique bearings permit very rapid response to gusts and lulls. The black Lexan cups (virtually shatterproof) have thermal properties which resist and shed icing far more effectively than metal assemblies. ■ Because of their output linearity, these sensors are ideal for use with various data retrieval systems and controllers. The unique bearing system ensures that wind-blown dirt and moisture will not destroy the bearings or degrade performance. ■ The unbeatable combination of accuracy, simple yet rugged construction and very low cost have made the #40 the first choice for professionals in all fields. Optional digital outputs and calibration are available. The Maximum #40 from NRG Systems: the wind industry standard anemometer.

NRG SYSTEMS

110 Commerce Street
Hinesburg, VT 05461 USA
(802) 482-2255

FAX (802) 482-2272

Email: sales@nrgsystems.com

APPLICATIONS

- Anemometer for wind resource assessment instrumentation
- Research measurements in environmental studies
- Control anemometer for new or existing wind turbines
- Sensing wind speeds at sporting events (i.e. Olympics)
- Engineering studies on wind effects on bridges, skyscrapers

FEATURES

- Very simple, elegantly engineered construction
- Dirt and wear resistant, modified Teflon bearing system
- All corrosion-resistant materials
- All 3 cups molded in one piece for repeatable performance
- Frequency output for ease of filtering and long cable runs
- Professional qualities at a minimum price
- Never change bearings; stays accurate many years in hostile environments
- Optional signal conditioners for digital and analog outputs available

SPECIFICATIONS

MECHANICAL:

3 cups of conical cross-section, 51mm (2") diameter
 190mm (7.5") swept diameter of rotor
 51mm (3.2") overall assembly height
 Moment of inertia of rotor assembly = 68×10^{-6} S-ft²
 Mounting—(Using a cotter pin and set screw) on a 13mm (0.5") diameter mast with a #35 hole, 11mm (.35") from the top.

Materials:

Cups—one piece injection- molded black polycarbonate (Lexan)
 Body—housing is black ABS plastic
 Shaft—beryllium copper, fully hardened
 Bearing—modified Teflon, self-lubricating. Rated PV factor of 20,000 (at 15 mph, PV is approx. 500; at 100 mph PV is approx. 2,000). Upper bearing is centered in the plane of cup thrust for optimal loading.
 Permanent magnet—Incox 1, 25mm (1") dia., 13mm (0.5") long, 4 poles

Threshold:

Starting threshold—0.78 m/s (1.75 mph)
 Cup distance constant (63% recovery)—3.0m (10')

Environmental:

Operating temperature -55°C to 60°C (-67 to 150 F)
 Operating humidity range 0 to 100% RH

Weight: 0.1kg (0.2 lb)

Shipping Weight: 0.5kg (1 lb)

ELECTRICAL:

Single coil, bobbin wound, 4100 turns of #41 wire
 Voltage is a sine wave with frequency changing linearly with wind speed—
 60 hz = 45.82 m/s (102.5 mph) [1.7 mph/Hz w/0.78 offset, 0.765 m/s/Hz w/0.35 offset]
 Voltage is 2.0 VAC at 60 cycles—minimum (typical is 6 VAC P-P)
 Hall Effect (#40H): A Hall Effect switch replaces the single coil. The voltage output is a square wave with the same frequency-to-wind speed relationship as the single coil. Requires a 5 to 24 VDC voltage with 5ma of current.

Custom sensors available for wind turbine control, etc.
 Please contact us directly.

ORDERING INFORMATION:

NRG #40 Anemometer	Cat. No. 40
#40 Hall Effect Output Anemometer	Cat. No. 40H
#40 Calibrated Anemometer	Cat. No. 40C



Shown here is the #40 Anemometer with the #200P NRG wind direction vane.



MEASURING THE WIND'S ENERGY

110 Commerce Street

Hinesburg, VT 05461 USA

(802) 482-2255

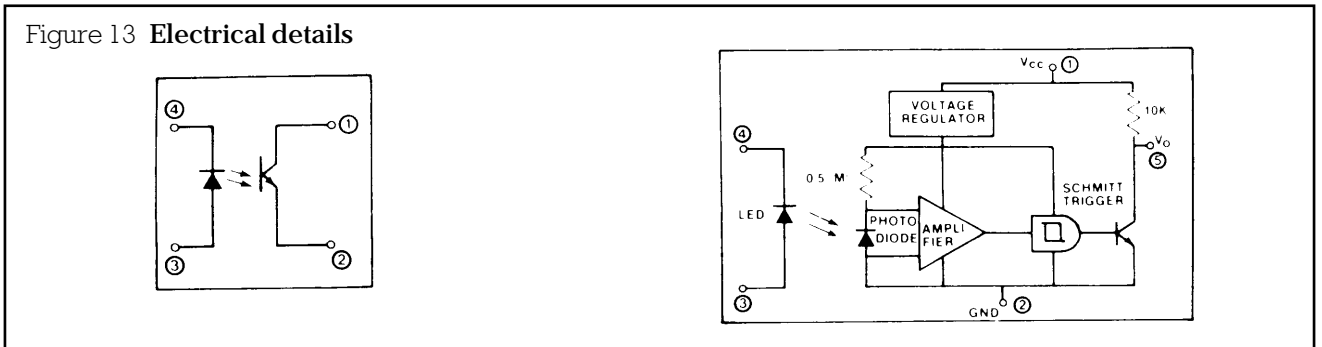
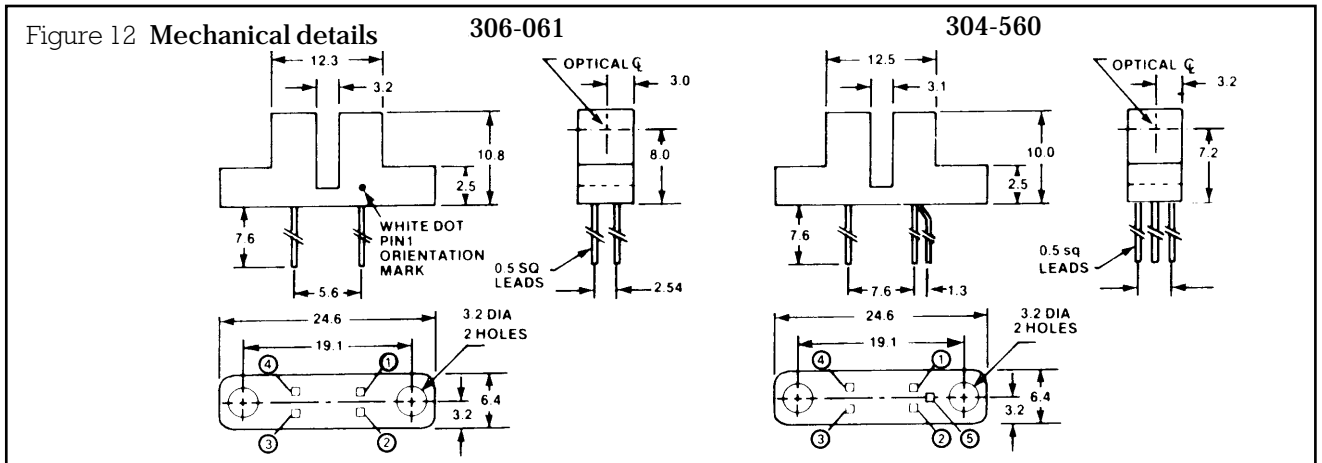
FAX (802) 482-2272

Email: sales@nrgsystems.com

Slotted opto switches 2601 (RS stock numbers 306-061, 304-560)

Two versions are available. 306-061 comprises a Ga As infra-red LED coupled with an npn silicon photo-transistor housed in a plastic package with infra-red transmitting filter for high ambient light application and dust protection. 304-560 is a similar device but the detector is an integrated circuit

consisting of a Schmitt trigger, voltage regulator, differential amplifier and photodiode. The on-chip voltage regulator gives a wide operating voltage range and ensures output compatibility with TTL/LSTTL/CMOS logic.



Absolute maximum ratings at 25°C (unless stated)

	306-061	304-560
Operating temperature range	-55°C to 100°C	-40°C to 100°C
Storage temperature range	-55°C to 125°C	-55°C to 115°C
Lead soldering temperature (10s)	260°C	260°C

Input diode (306-061 and 304-560)

Forward dc current	50mA
Peak forward current (1 μs p.w. 300pps)	3A
Reverse dc voltage	3V
Power dissipation	100mW

Output Sensors

	306-061	304-560
Collector-emitter voltage	30V	-
Emitter-collector voltage	5V	-
Max allowable V _{CC}	-	20V
Collector dc current	30mA	50mA
Power dissipation	150mW**	250mW

* Derate linearly 1.33mW/°C above 25°C

** Derate linearly 3.3mW/°C above 25°C

Electrical characteristics at 25°C (unless stated)

Symbol	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
Input Diode						
V _F	Forward Voltage	-	1.2	1.7	V	I _F = 20mA
I _R	Reverse Current	-	-	100	μA	V _R = 3V
Output Sensor						
BV _{CEO}	Collector-Emitter Breakdown Voltage	30	60	-	V	I _C = 1.0mA
BV _{ECO}	Emitter-Collector Breakdown Voltage	5	8	-	V	I _E = 100μA
I _D	Collector Dark Current	-	10	100	nA	V _{CE} = 10V, I _F = 0, H = 0
Coupled						
V _{CE(SAT)}	Collector-Emitter Sat. Voltage	-	0.2	0.4	V	I _F = 10mA, I _C = 250μA
I _{C(ON)}	On-state Collector Current	1000	3000	-	μA	I _F = 10mA, V _{CE} = 5V
t _R	Response Time	-	5	-	μS	

Figure 14 On-state collector current vis input diode forward current

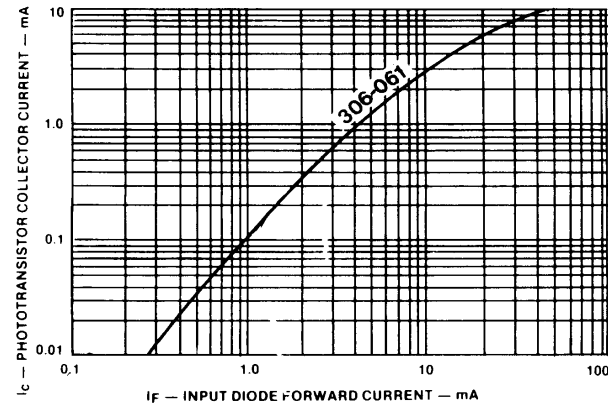
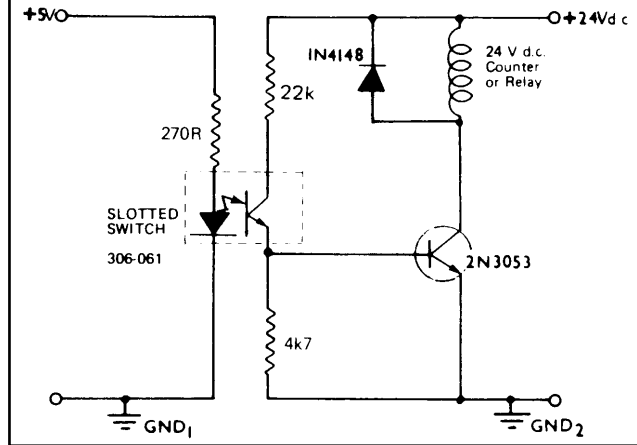


Figure 15 Application: Event counting or limit switching



Opto Schmitt switch (RS stock number 304-560)

Symbol	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
Input Diode V_F	Forward Voltage	-	-	1.5	V	$I_F = 20\text{mA}$
I_R	Reverse Current	-	-	10	μA	$V_R = 3\text{V}$
Output Sensor V_{CC}	Operating Supply Voltage Range	4.5	-	16	V	
	Output Voltage (Low)	-	-	0.4	V	$-40^\circ\text{C} < T_A < 100^\circ\text{C}$. $I_O = 16\text{mA}$
	Output Voltage (High)	-	V_{CC}	-	-	NB. Output tied to V_{CC} through 10K resistor
I_{CC}	Operating Current	-	-	15	mA	$V_{CC} = 16\text{V}$
t_p	Propagation Delay Time	1	-	5	μs	$I_F = 10\text{mA}$
t_r	Output Rise Time	-	150	180	nS	$C_L = 50\text{pF}$, $R_L = 390\text{R}$ $V_{CC} = 5\text{V}$
t_f	Output Fall Time	-	23	50	nS	$C_L = 50\text{pF}$, $R_L = 390\text{R}$ - $V_{CC} = 5\text{V}$
	Hysteresis		10	-	30	% Note 2
I_{FT}	Required LED Current	-	-	10	mA	Note 1. $-40^\circ\text{C} < T_A < 75^\circ\text{C}$
f_{max}	Maximum Operating Frequency	-	-	100	kHz	$C_L = 50\text{pF}$, $R_L = 390\text{R}$ $V_{CC} = 5\text{V}$

Note 1: Required LED current is the minimum forward LED current required to trigger the detector output from LOW to HIGH. Higher LED current may be required for application where optical transmission is reduced.

Note 2: Hysteresis is defined in terms of irradiance (mW/cm^2) transmitted to the detector and is equal to the difference in the threshold point (min. irradiance to switch the output high) to the release point (reduced amount of irradiance to switch the output back low) divided by the threshold point.

The information provided in RS technical literature is believed to be accurate and reliable; however, RS Components assumes no responsibility for inaccuracies or omissions, or for the use of this information, and all use of such information shall be entirely at the user's own risk. No responsibility is assumed by RS Components for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. Specifications shown in RS Components technical literature are subject to change without notice.

LM2907/LM2917

Frequency to Voltage Converter

General Description

The LM2907, LM2917 series are monolithic frequency to voltage converters with a high gain op amp/comparator designed to operate a relay, lamp, or other load when the input frequency reaches or exceeds a selected rate. The tachometer uses a charge pump technique and offers frequency doubling for low ripple, full input protection in two versions (LM2907-8, LM2917-8) and its output swings to ground for a zero frequency input.

The op amp/comparator is fully compatible with the tachometer and has a floating transistor as its output. This feature allows either a ground or supply referred load of up to 50 mA. The collector may be taken above V_{CC} up to a maximum V_{CE} of 28V.

The two basic configurations offered include an 8-pin device with a *ground referenced tachometer* input and an internal connection between the tachometer output and the op amp non-inverting input. This version is well suited for single speed or frequency switching or fully buffered frequency to voltage conversion applications.

The more versatile configurations provide differential tachometer input and uncommitted op amp inputs. With this version the tachometer input may be floated and the op amp becomes suitable for active filter conditioning of the tachometer output.

Both of these configurations are available with an active shunt regulator connected across the power leads. The regulator clamps the supply such that stable frequency to voltage and frequency to current operations are possible with any supply voltage and a suitable resistor.

Advantages

- Output swings to ground for zero frequency input

- Easy to use; $V_{OUT} = f_{IN} \times V_{CC} \times R1 \times C1$
- Only one RC network provides frequency doubling
- Zener regulator on chip allows accurate and stable frequency to voltage or current conversion (LM2917)

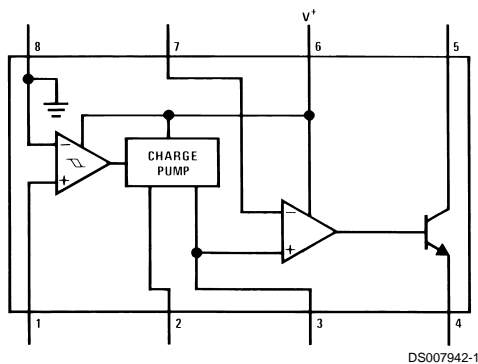
Features

- Ground referenced tachometer input interfaces directly with variable reluctance magnetic pickups
- Op amp/comparator has floating transistor output
- 50 mA sink or source to operate relays, solenoids, meters, or LEDs
- Frequency doubling for low ripple
- Tachometer has built-in hysteresis with either differential input or ground referenced input
- Built-in zener on LM2917
- $\pm 0.3\%$ linearity typical
- Ground referenced tachometer is fully protected from damage due to swings above V_{CC} and below ground

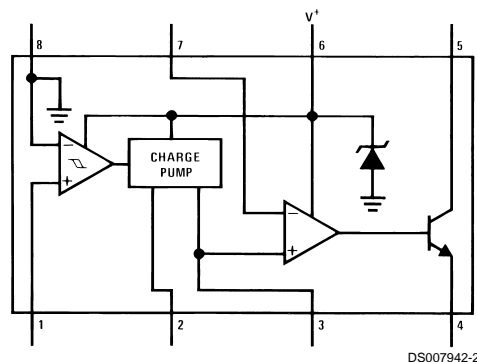
Applications

- Over/under speed sensing
- Frequency to voltage conversion (tachometer)
- Speedometers
- Breaker point dwell meters
- Hand-held tachometer
- Speed governors
- Cruise control
- Automotive door lock control
- Clutch control
- Horn control
- Touch or sound switches

Block and Connection Diagrams Dual-In-Line and Small Outline Packages, Top Views



Order Number LM2907M-8 or LM2907N-8
See NS Package Number M08A or N08E



Order Number LM2917M-8 or LM2917N-8
See NS Package Number M08A or N08E

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	28V
Supply Current (Zener Options)	25 mA
Collector Voltage	28V
Differential Input Voltage	
Tachometer	28V
Op Amp/Comparator	28V
Input Voltage Range	
Tachometer	
LM2907-8, LM2917-8	±28V
LM2907, LM2917	0.0V to +28V
Op Amp/Comparator	0.0V to +28V

Power Dissipation

LM2907-8, LM2917-8	1200 mW
LM2907-14, LM2917-14	1580 mW

See (Note 1)

Operating Temperature Range	-40°C to +85°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C

Soldering Information

Dual-In-Line Package	
Soldering (10 seconds)	260°C
Small Outline Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

Electrical Characteristics
 $V_{CC} = 12 V_{DC}$, $T_A = 25^\circ C$, see test circuit

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
TACHOMETER						
	Input Thresholds	$V_{IN} = 250 \text{ mVp-p @ } 1 \text{ kHz}$ (Note 2)	±10	±25	±40	mV
	Hysteresis	$V_{IN} = 250 \text{ mVp-p @ } 1 \text{ kHz}$ (Note 2)		30		mV
	Offset Voltage	$V_{IN} = 250 \text{ mVp-p @ } 1 \text{ kHz}$ (Note 2)				
	LM2907/LM2917			3.5	10	mV
	LM2907-8/LM2917-8			5	15	mV
	Input Bias Current	$V_{IN} = \pm 50 \text{ mV}_{DC}$		0.1	1	µA
V_{OH}	Pin 2	$V_{IN} = +125 \text{ mV}_{DC}$ (Note 3)		8.3		V
V_{OL}	Pin 2	$V_{IN} = -125 \text{ mV}_{DC}$ (Note 3)		2.3		V
I_2, I_3	Output Current	$V_2 = V_3 = 6.0V$ (Note 4)	140	180	240	µA
I_3	Leakage Current	$I_2 = 0, V_3 = 0$			0.1	µA
K	Gain Constant	(Note 3)	0.9	1.0	1.1	
	Linearity	$f_{IN} = 1 \text{ kHz}, 5 \text{ kHz}, 10 \text{ kHz}$ (Note 5)	-1.0	0.3	+1.0	%
OP/AMP COMPARATOR						
V_{OS}		$V_{IN} = 6.0V$		3	10	mV
I_{BIAS}		$V_{IN} = 6.0V$		50	500	nA
	Input Common-Mode Voltage		0		$V_{CC} - 1.5V$	V
	Voltage Gain			200		V/mV
	Output Sink Current	$V_C = 1.0$	40	50		mA
	Output Source Current	$V_E = V_{CC} - 2.0$		10		mA
	Saturation Voltage	$I_{SINK} = 5 \text{ mA}$		0.1	0.5	V
		$I_{SINK} = 20 \text{ mA}$			1.0	V
		$I_{SINK} = 50 \text{ mA}$		1.0	1.5	V
ZENER REGULATOR						
	Regulator Voltage	$R_{DROP} = 470\Omega$		7.56		V
	Series Resistance			10.5	15	Ω
	Temperature Stability			+1		mV/°C
	TOTAL SUPPLY CURRENT			3.8	6	mA

Note 1: For operation in ambient temperatures above 25°C, the device must be derated based on a 150°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 101°C/W junction to ambient for LM2907-8 and LM2917-8, and 79°C/W junction to ambient for LM2907-14 and LM2917-14.

Note 2: Hysteresis is the sum $+V_{TH} - (-V_{TH})$, offset voltage is their difference. See test circuit.

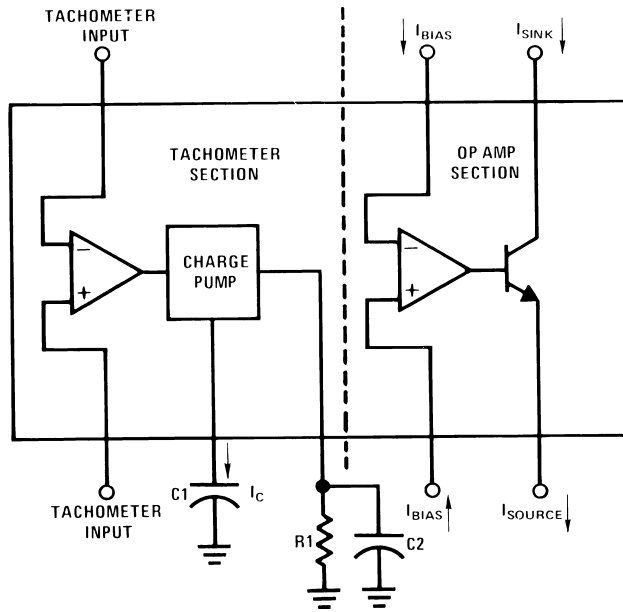
Note 3: V_{OH} is equal to $\frac{3}{4} \times V_{CC} - 1 V_{BE}$, V_{OL} is equal to $\frac{1}{4} \times V_{CC} - 1 V_{BE}$ therefore $V_{OH} - V_{OL} = V_{CC}/2$. The difference, $V_{OH} - V_{OL}$, and the mirror gain, I_2/I_3 , are the two factors that cause the tachometer gain constant to vary from 1.0.

Note 4: Be sure when choosing the time constant $R1 \times C1$ that $R1$ is such that the maximum anticipated output voltage at pin 3 can be reached with $I_3 \times R1$. The maximum value for $R1$ is limited by the output resistance of pin 3 which is greater than 10 MΩ typically.

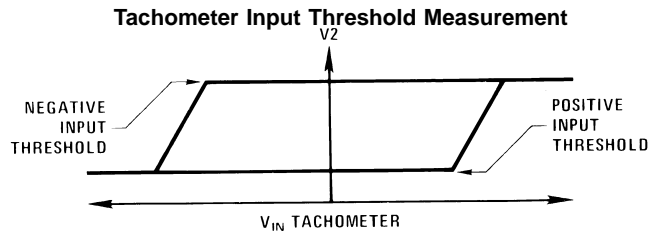
Electrical Characteristics (Continued)

Note 5: Nonlinearity is defined as the deviation of V_{OUT} (@ pin 3) for $f_{IN} = 5$ kHz from a straight line defined by the V_{OUT} @ 1 kHz and V_{OUT} @ 10 kHz. $C1 = 1000$ pF, $R1 = 68k$ and $C2 = 0.22$ mFd.

Test Circuit and Waveform



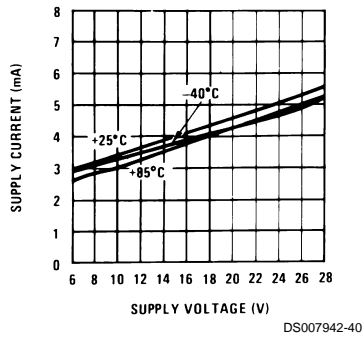
DS007942-6



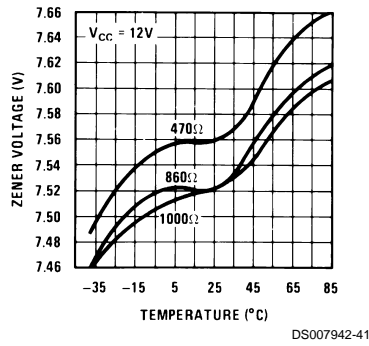
DS007942-7

Typical Performance Characteristics

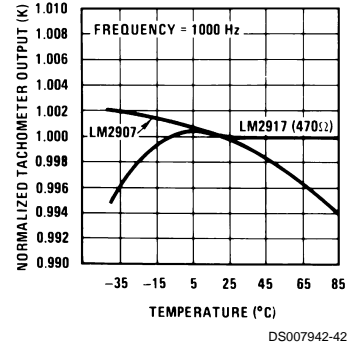
Total Supply Current



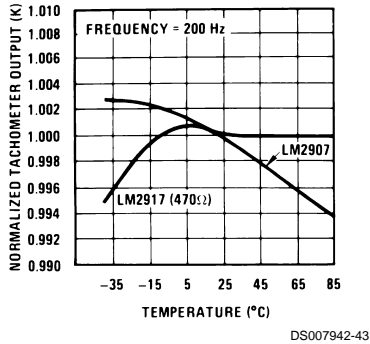
Zener Voltage vs Temperature



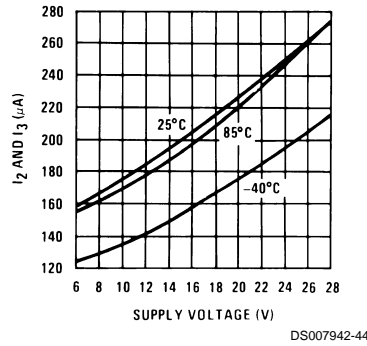
Normalized Tachometer Output vs Temperature



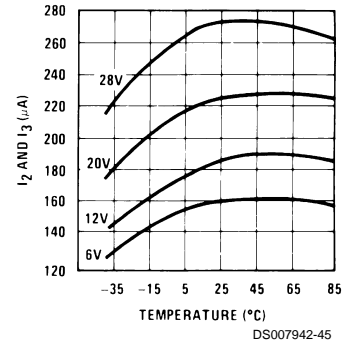
Normalized Tachometer Output vs Temperature



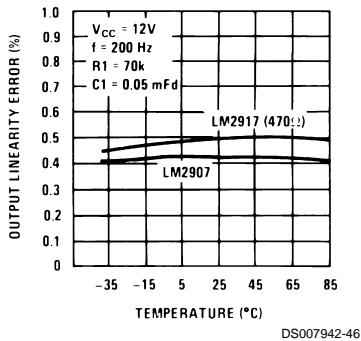
Tachometer Currents I₂ and I₃ vs Supply Voltage



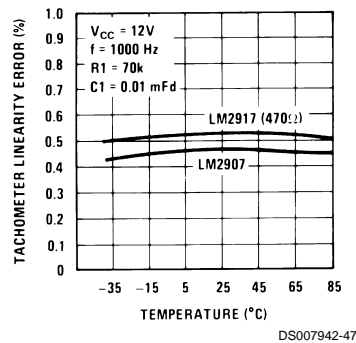
Tachometer Currents I₂ and I₃ vs Temperature



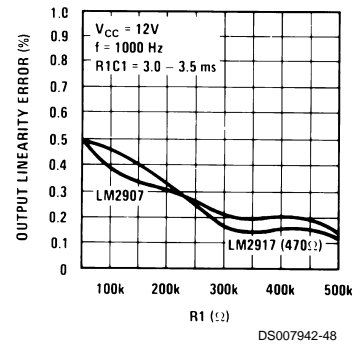
Tachometer Linearity vs Temperature



Tachometer Linearity vs Temperature

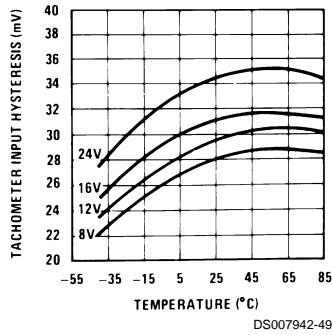


Tachometer Linearity vs R1

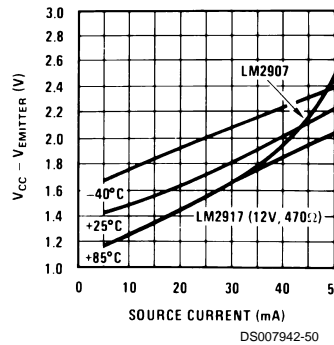


Typical Performance Characteristics (Continued)

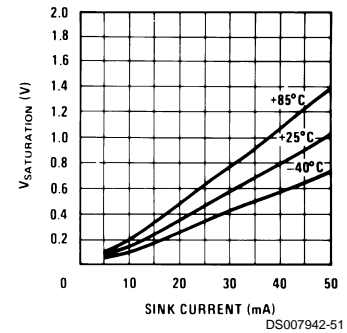
Tachometer Input Hysteresis vs Temperature



Op Amp Output Transistor Characteristics



Op Amp Output Transistor Characteristics



Applications Information

The LM2907 series of tachometer circuits is designed for minimum external part count applications and maximum versatility. In order to fully exploit its features and advantages let's examine its theory of operation. The first stage of operation is a differential amplifier driving a positive feedback flip-flop circuit. The input threshold voltage is the amount of differential input voltage at which the output of this stage changes state. Two options (LM2907-8, LM2917-8) have one input internally grounded so that an input signal must swing above and below ground and exceed the input thresholds to produce an output. This is offered specifically for magnetic variable reluctance pickups which typically provide a single-ended ac output. This single input is also fully protected against voltage swings to $\pm 28V$, which are easily attained with these types of pickups.

The differential input options (LM2907, LM2917) give the user the option of setting his own input switching level and still have the hysteresis around that level for excellent noise rejection in any application. Of course in order to allow the inputs to attain common-mode voltages above ground, input protection is removed and neither input should be taken outside the limits of the supply voltage being used. It is very important that an input not go below ground without some resistance in its lead to limit the current that will then flow in the epi-substrate diode.

Following the input stage is the charge pump where the input frequency is converted to a dc voltage. To do this requires one timing capacitor, one output resistor, and an integrating or filter capacitor. When the input stage changes state (due to a suitable zero crossing or differential voltage on the input) the timing capacitor is either charged or discharged linearly between two voltages whose difference is $V_{CC}/2$. Then in one half cycle of the input frequency or a time equal to $1/2 f_{IN}$ the change in charge on the timing capacitor is equal to $V_{CC}/2 \times C1$. The average amount of current pumped into or out of the capacitor then is:

$$\frac{\Delta Q}{T} = i_{c(AVG)} = C1 \times \frac{V_{CC}}{2} \times (2f_{IN}) = V_{CC} \times f_{IN} \times C1$$

The output circuit mirrors this current very accurately into the load resistor R1, connected to ground, such that if the pulses of current are integrated with a filter capacitor, then $V_O = i_c \times R1$, and the total conversion equation becomes:

$$V_O = V_{CC} \times f_{IN} \times C1 \times R1 \times K$$

Where K is the gain constant—typically 1.0.

The size of C2 is dependent only on the amount of ripple voltage allowable and the required response time.

CHOOSING R1 AND C1

There are some limitations on the choice of R1 and C1 which should be considered for optimum performance. The timing capacitor also provides internal compensation for the charge pump and should be kept larger than 500 pF for very accurate operation. Smaller values can cause an error current on R1, especially at low temperatures. Several considerations must be met when choosing R1. The output current at pin 3 is internally fixed and therefore $V_O/R1$ must be less than or equal to this value. If R1 is too large, it can become a significant fraction of the output impedance at pin 3 which degrades linearity. Also output ripple voltage must be considered and the size of C2 is affected by R1. An expression that describes the ripple content on pin 3 for a single R1C2 combination is:

$$V_{RIPPLE} = \frac{V_{CC}}{2} \times \frac{C1}{C2} \times \left(1 - \frac{V_{CC} \times f_{IN} \times C1}{I_2}\right) \text{ pk-pk}$$

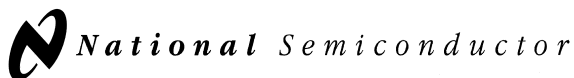
It appears R1 can be chosen independent of ripple, however response time, or the time it takes V_{OUT} to stabilize at a new voltage increases as the size of C2 increases, so a compromise between ripple, response time, and linearity must be chosen carefully.

As a final consideration, the maximum attainable input frequency is determined by V_{CC} , C1 and I_2 :

$$f_{MAX} = \frac{I_2}{C1 \times V_{CC}}$$

USING ZENER REGULATED OPTIONS (LM2917)

For those applications where an output voltage or current must be obtained independent of supply voltage variations, the LM2917 is offered. The most important consideration in choosing a dropping resistor from the unregulated supply to the device is that the tachometer and op amp circuitry alone require about 3 mA at the voltage level provided by the zener. At low supply voltages there must be some current flowing in the resistor above the 3 mA circuit current to operate the regulator. As an example, if the raw supply varies from 9V to 16V, a resistance of 470Ω will minimize the zener voltage variation to 160 mV. If the resistance goes under 400Ω or over 600Ω the zener variation quickly rises above 200 mV for the same input variation.



May 1998

LM136-2.5/LM236-2.5/LM336-2.5V Reference Diode

LM136-2.5/LM236-2.5/LM336-2.5V Reference Diode

General Description

The LM136-2.5/LM236-2.5 and LM336-2.5 integrated circuits are precision 2.5V shunt regulator diodes. These monolithic IC voltage references operate as a low-temperature-coefficient 2.5V zener with 0.2Ω dynamic impedance. A third terminal on the LM136-2.5 allows the reference voltage and temperature coefficient to be trimmed easily.

The LM136-2.5 series is useful as a precision 2.5V low voltage reference for digital voltmeters, power supplies or op amp circuitry. The 2.5V make it convenient to obtain a stable reference from 5V logic supplies. Further, since the LM136-2.5 operates as a shunt regulator, it can be used as either a positive or negative voltage reference.

The LM136-2.5 is rated for operation over -55°C to +125°C while the LM236-2.5 is rated over a -25°C to +85°C temperature range.

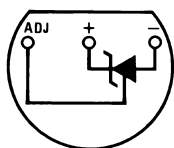
The LM336-2.5 is rated for operation over a 0°C to +70°C temperature range. See the connection diagrams for available packages.

Features

- Low temperature coefficient
- Wide operating current of 400 μA to 10 mA
- 0.2Ω dynamic impedance
- ±1% initial tolerance available
- Guaranteed temperature stability
- Easily trimmed for minimum temperature drift
- Fast turn-on
- Three lead transistor package

Connection Diagrams

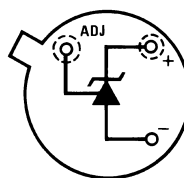
**TO-92
Plastic Package**



DS005715-8

Bottom View
Order Number LM236Z-2.5,
LM236AZ-2.5, LM336Z-2.5 or LM336BZ-2.5
See NS Package Number Z03A

**TO-46
Metal Can Package**



DS005715-20

Bottom View
Order Number LM136H-2.5,
LM136H-2.5/883, LM236H-2.5,
LM136AH-2.5, LM136AH-2.5/883
or LM236AH-2.5
See NS Package Number H03H

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

Reverse Current	15 mA
Forward Current	10 mA
Storage Temperature	-60°C to +150°C

Operating Temperature Range (Note 2)

LM136	-55°C to +150°C
LM236	-25°C to +85°C
LM336	0°C to +70°C

Soldering Information

TO-92 Package (10 sec.)	260°C
TO-46 Package (10 sec.)	300°C
SO Package	
Vapor Phase (60 sec.)	215°C
Infrared (15 sec.)	220°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" (Appendix D) for other methods of soldering surface mount devices.

Electrical Characteristics (Note 3)

Parameter	Conditions	LM136A-2.5/LM236A-2.5			LM336B-2.5			Units
		LM136-2.5/LM236-2.5			LM336-2.5			
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Reverse Breakdown Voltage	$T_A=25^\circ\text{C}$, $I_R=1\text{ mA}$							
	LM136, LM236, LM336	2.440	2.490	2.540	2.390	2.490	2.590	V
	LM136A, LM236A, LM336B	2.465	2.490	2.515	2.440	2.490	2.540	V
Reverse Breakdown Change With Current	$T_A=25^\circ\text{C}$, $400\ \mu\text{A} \leq I_R \leq 10\text{ mA}$		2.6	6		2.6	10	mV
Reverse Dynamic Impedance	$T_A=25^\circ\text{C}$, $I_R=1\text{ mA}$, $f = 100\text{ Hz}$		0.2	0.6		0.2	1	Ω
Temperature Stability (Note 4)	V_R Adjusted to 2.490V							
	$I_R=1\text{ mA}$, Figure 2							
	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$ (LM336)					1.8	6	mV
	$-25^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$ (LM236H, LM236Z)		3.5	9				mV
	$-25^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$ (LM236M)		7.5	18				mV
	$-55^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$ (LM136)		12	18				mV
Reverse Breakdown Change With Current	$400\ \mu\text{A} \leq I_R \leq 10\text{ mA}$		3	10		3	12	mV
Reverse Dynamic Impedance	$I_R=1\text{ mA}$		0.4	1		0.4	1.4	Ω
Long Term Stability	$T_A=25^\circ\text{C} \pm 0.1^\circ\text{C}$, $I_R=1\text{ mA}$, $t = 1000\text{ hrs}$		20			20		ppm

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Electrical specifications do not apply when operating the device beyond its specified operating conditions.

Note 2: For elevated temperature operation, T_J max is:

LM136	150°C
LM236	125°C
LM336	100°C

Thermal Resistance	TO-92	TO-46	SO-8
θ_{ja} (Junction to Ambient)	180°C/W (0.4" leads) 170°C/W (0.125" lead)	440°C/W	165°C/W
θ_{jc} (Junction to Case)	n/a	80°C/W	n/a

Note 3: Unless otherwise specified, the LM136-2.5 is specified from $-55^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$, the LM236-2.5 from $-25^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$ and the LM336-2.5 from $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$.

Note 4: Temperature stability for the LM336 and LM236 family is guaranteed by design. Design limits are guaranteed (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels. Stability is defined as the maximum change in V_{ref} from 25°C to T_A (min) or T_A (max).

LM340/LM78XX Series 3-Terminal Positive Regulators

General Description

The LM140/LM340A/LM340/LM7800C monolithic 3-terminal positive voltage regulators employ internal current-limiting, thermal shutdown and safe-area compensation, making them essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1.0A output current. They are intended as fixed voltage regulators in a wide range of applications including local (on-card) regulation for elimination of noise and distribution problems associated with single-point regulation. In addition to use as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable output voltages and currents.

Considerable effort was expended to make the entire series of regulators easy to use and minimize the number of external components. It is not necessary to bypass the output, although this does improve transient response. Input bypassing is needed only if the regulator is located far from the filter capacitor of the power supply.

The 5V, 12V, and 15V regulator options are available in the steel TO-3 power package. The LM340A/LM340/LM7800C series is available in the TO-220 plastic power package, and the LM340-5.0 is available in the SOT-223 package, as well as the LM340-5.0 and LM340-12 in the surface-mount TO-263 package.

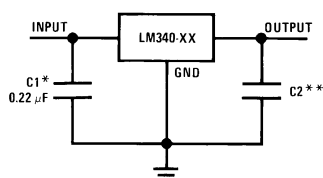
Features

- Complete specifications at 1A load
- Output voltage tolerances of $\pm 2\%$ at $T_j = 25^\circ\text{C}$ and $\pm 4\%$ over the temperature range (LM340A)
- Line regulation of 0.01% of V_{OUT}/V of ΔV_{IN} at 1A load (LM340A)
- Load regulation of 0.3% of V_{OUT}/A (LM340A)
- Internal thermal overload protection
- Internal short-circuit current limit
- Output transistor safe area protection
- P+ Product Enhancement tested

Device	Output Voltages	Packages
LM140	5, 12, 15	TO-3 (K)
LM340A/LM340	5, 12, 15	TO-3 (K), TO-220 (T), SOT-223 (MP), TO-263 (S) (5V and 12V only)
LM7800C	5, 8, 12, 15	TO-220 (T)

Typical Applications

Fixed Output Regulator

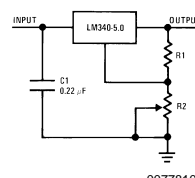


00778101

*Required if the regulator is located far from the power supply filter.

**Although no output capacitor is needed for stability, it does help transient response. (If needed, use 0.1 μF, ceramic disc).

Adjustable Output Regulator

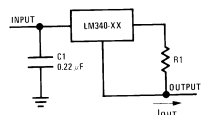


00778102

$$V_{OUT} = 5V + (5V/R1 + I_Q) R2 \quad 5V/R1 > 3 I_Q$$

load regulation (L_r) $\approx [(R1 + R2)/R1]$ (L_r of LM340-5).

Current Regulator

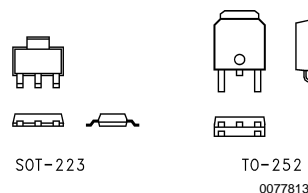


00778103

$$I_{OUT} = \frac{V_{2-3}}{R1} + I_Q$$

$\Delta I_Q = 1.3 \text{ mA}$ over line and load changes.

Comparison between SOT-223 and D-Pak (TO-252) Packages



SOT-223

TO-252

00778138

Scale 1:1

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

(Note 5)

DC Input Voltage	
All Devices except	
LM7824/LM7824C	35V
LM7824/LM7824C	40V
Internal Power Dissipation (Note 2)	Internally Limited
Maximum Junction Temperature	150°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C

Lead Temperature (Soldering, 10 sec.)	
TO-3 Package (K)	300°C
TO-220 Package (T), TO-263	
Package (S)	230°C
ESD Susceptibility (Note 3)	2 kV

Operating Conditions (Note 1)

Temperature Range (T _A) (Note 2)	
LM140A, LM140	-55°C to +125°C
LM340A, LM340, LM7805C,	
LM7812C, LM7815C, LM7808C	0°C to +125°C

LM340A Electrical Characteristics

I_{OUT} = 1A, -55°C ≤ T_J ≤ +150°C (LM140A), or 0°C ≤ T_J ≤ +125°C (LM340A) unless otherwise specified (Note 4)

Symbol	Output Voltage		5V			12V			15V			Units
	Input Voltage (unless otherwise noted)		10V			19V			23V			
	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
V _O	Output Voltage	T _J = 25°C	4.9	5	5.1	11.75	12	12.25	14.7	15	15.3	V
		P _D ≤ 15W, 5 mA ≤ I _O ≤ 1A	4.8		5.2	11.5		12.5	14.4		15.6	V
		V _{MIN} ≤ V _{IN} ≤ V _{MAX}	(7.5 ≤ V _{IN} ≤ 20)			(14.8 ≤ V _{IN} ≤ 27)			(17.9 ≤ V _{IN} ≤ 30)			V
ΔV _O	Line Regulation	I _O = 500 mA			10			18			22	mV
		ΔV _{IN}	(7.5 ≤ V _{IN} ≤ 20)			(14.8 ≤ V _{IN} ≤ 27)			(17.9 ≤ V _{IN} ≤ 30)			V
		T _J = 25°C		3	10		4	18		4	22	mV
		ΔV _{IN}	(7.5 ≤ V _{IN} ≤ 20)			(14.5 ≤ V _{IN} ≤ 27)			(17.5 ≤ V _{IN} ≤ 30)			V
		T _J = 25°C			4			9			10	mV
ΔV _O	Load Regulation	T _J = 25°C	5 mA ≤ I _O ≤ 1.5A	10	25		12	32		12	35	mV
			250 mA ≤ I _O ≤ 750 mA			15		19			21	mV
		Over Temperature,			25		60			75	mV	
I _Q	Quiescent Current	T _J = 25°C			6			6			6	mA
		Over Temperature			6.5		6.5			6.5	mA	
ΔI _Q	Quiescent Current Change	5 mA ≤ I _O ≤ 1A			0.5			0.5			0.5	mA
		T _J = 25°C, I _O = 1A			0.8			0.8			0.8	mA
		V _{MIN} ≤ V _{IN} ≤ V _{MAX}	(7.5 ≤ V _{IN} ≤ 20)			(14.8 ≤ V _{IN} ≤ 27)			(17.9 ≤ V _{IN} ≤ 30)			V
		I _O = 500 mA			0.8		0.8		0.8		0.8	mA
V _N	Output Noise Voltage	T _A = 25°C, 10 Hz ≤ f ≤ 100 kHz			40			75			90	μV
		ΔV _{IN} /ΔV _{OUT}	Ripple Rejection	T _J = 25°C, f = 120 Hz, I _O = 1A	68	80		61	72		60	70
or f = 120 Hz, I _O = 500 mA,	68				61			60			dB	
Over Temperature,				(8 ≤ V _{IN} ≤ 18)		(15 ≤ V _{IN} ≤ 25)		(18.5 ≤ V _{IN} ≤ 28.5)			V	
R _O	Dropout Voltage	T _J = 25°C, I _O = 1A			2.0			2.0			2.0	V
		f = 1 kHz			8		18			19	mΩ	

LM340A Electrical Characteristics (Continued)

$I_{OUT} = 1A$, $-55^{\circ}C \leq T_J \leq +150^{\circ}C$ (LM140A), or $0^{\circ}C \leq T_J \leq +125^{\circ}C$ (LM340A) unless otherwise specified (Note 4)

Symbol	Output Voltage		5V			12V			15V			Units
	Input Voltage (unless otherwise noted)		10V			19V			23V			
	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
	Short-Circuit Current	$T_J = 25^{\circ}C$	2.1			1.5			1.2			A
	Peak Output Current	$T_J = 25^{\circ}C$	2.4			2.4			2.4			A
	Average TC of V_O	Min, $T_J = 0^{\circ}C$, $I_O = 5\text{ mA}$	-0.6			-1.5			-1.8			mV/ $^{\circ}C$
V_{IN}	Input Voltage Required to Maintain Line Regulation	$T_J = 25^{\circ}C$	7.5			14.5			17.5			V

LM140 Electrical Characteristics (Note 4)

$-55^{\circ}C \leq T_J \leq +150^{\circ}C$ unless otherwise specified

Symbol	Output Voltage		5V			12V			15V			Units
	Input Voltage (unless otherwise noted)		10V			19V			23V			
	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
V_O	Output Voltage	$T_J = 25^{\circ}C$, $5\text{ mA} \leq I_O \leq 1A$	4.8	5	5.2	11.5	12	12.5	14.4	15	15.6	V
		$P_D \leq 15W$, $5\text{ mA} \leq I_O \leq 1A$	4.75		5.25	11.4		12.6	14.25		15.75	V
		$V_{MIN} \leq V_{IN} \leq V_{MAX}$			($8 \leq V_{IN} \leq 20$)			($15.5 \leq V_{IN} \leq 27$)			($18.5 \leq V_{IN} \leq 30$)	V
ΔV_O	Line Regulation	$I_O = 500\text{ mA}$	$T_J = 25^{\circ}C$	3	50		4	120		4	150	mV
			ΔV_{IN}		($7 \leq V_{IN} \leq 25$)		($14.5 \leq V_{IN} \leq 30$)		($17.5 \leq V_{IN} \leq 30$)		V	
		$I_O \leq 1A$	$-55^{\circ}C \leq T_J \leq +150^{\circ}C$		50			120		150		mV
			ΔV_{IN}		($8 \leq V_{IN} \leq 20$)		($15 \leq V_{IN} \leq 27$)		($18.5 \leq V_{IN} \leq 30$)		V	
			$T_J = 25^{\circ}C$		50			120		150		mV
			ΔV_{IN}		($7.5 \leq V_{IN} \leq 20$)		($14.6 \leq V_{IN} \leq 27$)		($17.7 \leq V_{IN} \leq 30$)		V	
ΔV_O	Load Regulation	$T_J = 25^{\circ}C$	$5\text{ mA} \leq I_O \leq 1.5A$	10	50		12	120		12	150	mV
			$250\text{ mA} \leq I_P \leq 750\text{ mA}$		25			60		75		mV
		$-55^{\circ}C \leq T_J \leq +150^{\circ}C$, $5\text{ mA} \leq I_O \leq 1A$		50			120		150		mV	
I_Q	Quiescent Current	$I_O \leq 1A$	$T_J = 25^{\circ}C$		6		6		6		6	mA
			$-55^{\circ}C \leq T_J \leq +150^{\circ}C$		7		7		7		7	mA
ΔI_Q	Quiescent Current Change	$5\text{ mA} \leq I_O \leq 1A$		0.5		0.5		0.5		0.5	mA	
		$T_J = 25^{\circ}C$, $I_O \leq 1A$		0.8		0.8		0.8		0.8	mA	
		$V_{MIN} \leq V_{IN} \leq V_{MAX}$		($8 \leq V_{IN} \leq 20$)		($15 \leq V_{IN} \leq 27$)		($18.5 \leq V_{IN} \leq 30$)		V		
V_N	Output Noise Voltage	$I_O = 500\text{ mA}$, $-55^{\circ}C \leq T_J \leq +150^{\circ}C$		0.8		0.8		0.8		0.8	mA	
		$V_{MIN} \leq V_{IN} \leq V_{MAX}$		($8 \leq V_{IN} \leq 25$)		($15 \leq V_{IN} \leq 30$)		($18.5 \leq V_{IN} \leq 30$)		V		
V_N	Output Noise Voltage	$T_A = 25^{\circ}C$, $10\text{ Hz} \leq f \leq 100\text{ kHz}$	40			75			90			μV

LM340/LM7800C Electrical Characteristics (Note 4) (Continued)												
0°C ≤ T _J ≤ +125°C unless otherwise specified												
Symbol	Output Voltage		5V			12V			15V			Units
	Input Voltage (unless otherwise noted)		10V			19V			23V			
	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
		I _O ≤ 500 mA, 0°C ≤ T _J ≤ +125°C V _{MIN} ≤ V _{IN} ≤ V _{MAX}	1.0 (7 ≤ V _{IN} ≤ 25)			1.0 (14.5 ≤ V _{IN} ≤ 30)			1.0 (17.5 ≤ V _{IN} ≤ 30)			mA V
V _N	Output Noise Voltage	T _A = 25°C, 10 Hz ≤ f ≤ 100 kHz	40			75			90			μV
$\frac{\Delta V_{IN}}{\Delta V_{OUT}}$	Ripple Rejection	f = 120 Hz	I _O ≤ 1A, T _J = 25°C		62	80	55	72	54	70		dB
			or I _O ≤ 500 mA, 0°C ≤ T _J ≤ +125°C		62		55		54			dB
		V _{MIN} ≤ V _{IN} ≤ V _{MAX}		(8 ≤ V _{IN} ≤ 18)		(15 ≤ V _{IN} ≤ 25)		(18.5 ≤ V _{IN} ≤ 28.5)				V
R _O	Dropout Voltage	T _J = 25°C, I _O = 1A	2.0		2.0		2.0				V	
	Output Resistance	f = 1 kHz	8		18		19				mΩ	
	Short-Circuit Current	T _J = 25°C	2.1		1.5		1.2				A	
	Peak Output Current	T _J = 25°C	2.4		2.4		2.4				A	
	Average TC of V _{OUT}	0°C ≤ T _J ≤ +125°C, I _O = 5 mA	-0.6		-1.5		-1.8				mV/°C	
V _{IN}	Input Voltage Required to Maintain Line Regulation	T _J = 25°C, I _O ≤ 1A	7.5		14.6		17.7				V	

Note 1: Absolute Maximum Ratings are limits beyond which damage to the device may occur. Operating Conditions are conditions under which the device functions but the specifications might not be guaranteed. For guaranteed specifications and test conditions see the Electrical Characteristics.

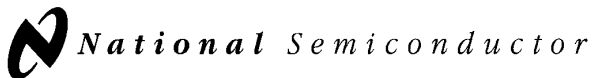
Note 2: The maximum allowable power dissipation at any ambient temperature is a function of the maximum junction temperature for operation (T_{JMAX} = 125°C or 150°C), the junction-to-ambient thermal resistance (θ_{JA}), and the ambient temperature (T_A). P_{DMAX} = (T_{JMAX} - T_A)/θ_{JA}. If this dissipation is exceeded, the die temperature will rise above T_{JMAX} and the electrical specifications do not apply. If the die temperature rises above 150°C, the device will go into thermal shutdown. For the TO-3 package (K, KC), the junction-to-ambient thermal resistance (θ_{JA}) is 39°C/W. When using a heatsink, θ_{JA} is the sum of the 4°C/W junction-to-case thermal resistance (θ_{JC}) of the TO-3 package and the case-to-ambient thermal resistance of the heatsink. For the TO-220 package (T), θ_{JA} is 54°C/W and θ_{JC} is 4°C/W. If SOT-223 is used, the junction-to-ambient thermal resistance is 174°C/W and can be reduced by a heatsink (see Applications Hints on heatsinking).

If the TO-263 package is used, the thermal resistance can be reduced by increasing the PC board copper area thermally connected to the package: Using 0.5 square inches of copper area, θ_{JA} is 50°C/W; with 1 square inch of copper area, θ_{JA} is 37°C/W; and with 1.6 or more inches of copper area, θ_{JA} is 32°C/W.

Note 3: ESD rating is based on the human body model, 100 pF discharged through 1.5 kΩ.

Note 4: All characteristics are measured with a 0.22 μF capacitor from input to ground and a 0.1 μF capacitor from output to ground. All characteristics except noise voltage and ripple rejection ratio are measured using pulse techniques (t_w ≤ 10 ms, duty cycle ≤ 5%). Output voltage changes due to changes in internal temperature must be taken into account separately.

Note 5: A military RETS specification is available on request. At the time of printing, the military RETS specifications for the LM140AK-5.0/883, LM140AK-12/883, and LM140AK-15/883 complied with the min and max limits for the respective versions of the LM140A. At the time of printing, the military RETS specifications for the LM140K-5.0/883, LM140K-12/883, and LM140K-15/883 complied with the min and max limits for the respective versions of the LM140. The LM140H/883, LM140K/883, and LM140AK/883 may also be procured as a Standard Military Drawing.



November 1994

LM79XX Series 3-Terminal Negative Regulators

LM79XX Series 3-Terminal Negative Regulators

General Description

The LM79XX series of 3-terminal regulators is available with fixed output voltages of $-5V$, $-8V$, $-12V$, and $-15V$. These devices need only one external component—a compensation capacitor at the output. The LM79XX series is packaged in the TO-220 power package and is capable of supplying 1.5A of output current.

These regulators employ internal current limiting safe area protection and thermal shutdown for protection against virtually all overload conditions.

Low ground pin current of the LM79XX series allows output voltage to be easily boosted above the preset value with a resistor divider. The low quiescent current drain of

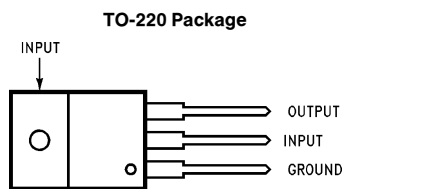
these devices with a specified maximum change with line and load ensures good regulation in the voltage boosted mode.

For applications requiring other voltages, see LM137 data sheet.

Features

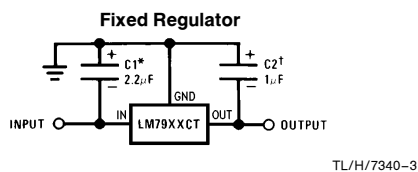
- Thermal, short circuit and safe area protection
- High ripple rejection
- 1.5A output current
- 4% tolerance on preset output voltage

Connection Diagrams



Order Number LM7905CT, LM7912CT or LM7915CT
See NS Package Number TO3B

Typical Applications



*Required if regulator is separated from filter capacitor by more than 3". For value given, capacitor must be solid tantalum. 25 μF aluminum electrolytic may be substituted.

†Required for stability. For value given, capacitor must be solid tantalum. 25 μF aluminum electrolytic may be substituted. Values given may be increased without limit.

For output capacitance in excess of 100 μF , a high current diode from input to output (1N4001, etc.) will protect the regulator from momentary input shorts.

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

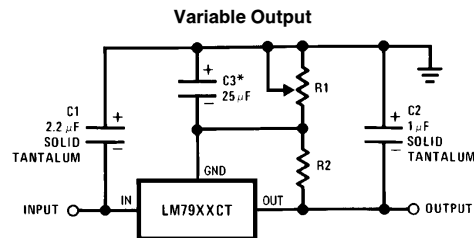
Input Voltage
 (V_O = -5V) -25V
 (V_O = -12V and -15V) -35V

Input-Output Differential
 (V_O = -5V) 25V
 (V_O = -12V and -15V) 30V
 Power Dissipation (Note 2) Internally Limited
 Operating Junction Temperature Range 0°C to +125°C
 Storage Temperature Range -65°C to +150°C
 Lead Temperature (Soldering, 10 sec.) 230°C

Electrical Characteristics Conditions unless otherwise noted: I_{OUT} = 500 mA, C_{IN} = 2.2 μF, C_{OUT} = 1 μF, 0°C ≤ T_J ≤ +125°C, Power Dissipation ≤ 1.5W.

Part Number			LM7905C			Units		
Output Voltage			-5V					
Input Voltage (unless otherwise specified)			-10V					
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max			
V _O	Output Voltage	T _J = 25°C 5 mA ≤ I _{OUT} ≤ 1A, P ≤ 15W	-4.8	-5.0	-5.2	V		
			-4.75		-5.25	V		
			(-20 ≤ V _{IN} ≤ -7)					V
ΔV _O	Line Regulation	T _J = 25°C, (Note 3)		8	50	mV		
			(-25 ≤ V _{IN} ≤ -7)					V
				2	15	mV		
(-12 ≤ V _{IN} ≤ -8)					V			
ΔV _O	Load Regulation	T _J = 25°C, (Note 3) 5 mA ≤ I _{OUT} ≤ 1.5A 250 mA ≤ I _{OUT} ≤ 750 mA		15	100	mV		
				5	50	mV		
I _Q	Quiescent Current	T _J = 25°C		1	2	mA		
ΔI _Q	Quiescent Current Change	With Line			0.5	mA		
		(-25 ≤ V _{IN} ≤ -7)					V	
V _n	Output Noise Voltage	T _A = 25°C, 10 Hz ≤ f ≤ 100 Hz		125		μV		
			Ripple Rejection	f = 120 Hz	54	66	dB	
(-18 ≤ V _{IN} ≤ -8)						V		
	Dropout Voltage	T _J = 25°C, I _{OUT} = 1A		1.1		V		
I _{OMAX}	Peak Output Current	T _J = 25°C		2.2		A		
	Average Temperature Coefficient of Output Voltage	I _{OUT} = 5 mA, 0 C ≤ T _J ≤ 100°C		0.4		mV/°C		

Typical Applications (Continued)



*Improves transient response and ripple rejection. Do not increase beyond 50 μF.

TL/H/7340-2

$$V_{OUT} = V_{SET} \left(\frac{R1 + R2}{R2} \right)$$

Select R2 as follows:
 LM7905CT 300Ω
 LM7912CT 750Ω
 LM7915CT 1k

Electrical Characteristics (Continued) Conditions unless otherwise noted: $I_{OUT} = 500\text{ mA}$, $C_{IN} = 2.2\ \mu\text{F}$, $C_{OUT} = 1\ \mu\text{F}$, $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$, Power Dissipation = 1.5W.

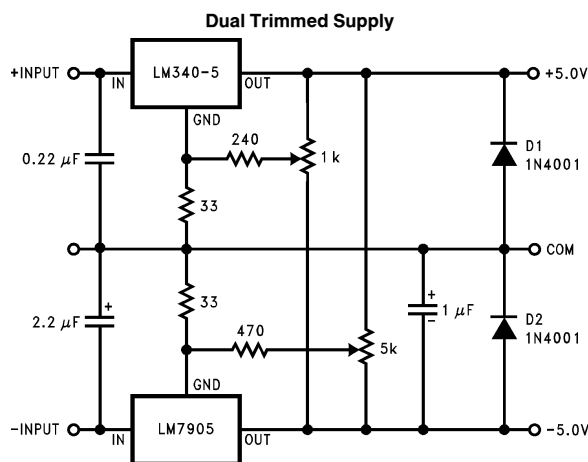
Part Number			LM7912C			LM7915C			Units	
Output Voltage			-12V			-15V				
Input Voltage (unless otherwise specified)			-19V			-23V				
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max		
V_O	Output Voltage	$T_J = 25^\circ\text{C}$ $5\text{ mA} \leq I_{OUT} \leq 1\text{ A}$, $P \leq 15\text{ W}$	-11.5	-12.0	-12.5	-14.4	-15.0	-15.6	V	
			-11.4		-12.6	-14.25		-15.75	V	
										V
ΔV_O	Line Regulation	$T_J = 25^\circ\text{C}$, (Note 3)		5	80		5	100	mV	
										V
										mV
ΔV_O	Load Regulation	$T_J = 25^\circ\text{C}$, (Note 3) $5\text{ mA} \leq I_{OUT} \leq 1.5\text{ A}$ $250\text{ mA} \leq I_{OUT} \leq 750\text{ mA}$		15	200		15	200	mV	
										mV
										V
I_Q	Quiescent Current	$T_J = 25^\circ\text{C}$	1.5	3		1.5	3	mA		
ΔI_Q	Quiescent Current Change	With Line With Load, $5\text{ mA} \leq I_{OUT} \leq 1\text{ A}$			0.5			0.5	mA	
										V
										mA
V_n	Output Noise Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $10\text{ Hz} \leq f \leq 100\text{ Hz}$	300			375			μV	
	Ripple Rejection	$f = 120\text{ Hz}$	54	70		54	70	dB		
	Dropout Voltage	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $I_{OUT} = 1\text{ A}$	1.1			1.1			V	
I_{OMAX}	Peak Output Current	$T_J = 25^\circ\text{C}$	2.2			2.2			A	
	Average Temperature Coefficient of Output Voltage	$I_{OUT} = 5\text{ mA}$, $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq 100^\circ\text{C}$	-0.8			-1.0			$\text{mV}/^\circ\text{C}$	

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is intended to be functional, but do not guarantee Specific Performance limits. For guaranteed specifications and test conditions, see the Electrical Characteristics.

Note 2: Refer to Typical Performance Characteristics and Design Considerations for details.

Note 3: Regulation is measured at a constant junction temperature by pulse testing with a low duty cycle. Changes in output voltage due to heating effects must be taken into account.

Typical Applications (Continued)



TL/H/7340-4

**TL071, TL071A, TL071B, TL072
TL072A, TL072B, TL074, TL074A, TL074B
LOW-NOISE JFET-INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS**

SLOS080D – SEPTEMBER 1978 – REVISED AUGUST 1996

- Low Power Consumption
- Wide Common-Mode and Differential Voltage Ranges
- Low Input Bias and Offset Currents
- Output Short-Circuit Protection
- Low Total Harmonic Distortion
0.003% Typ
- Low Noise
 $V_n = 18 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ Typ at $f = 1 \text{ kHz}$
- High Input Impedance . . . JFET Input Stage
- Internal Frequency Compensation
- Latch-Up-Free Operation
- High Slew Rate . . . 13 V/ μs Typ
- Common-Mode Input Voltage Range
Includes V_{CC+}

description

The JFET-input operational amplifiers in the TL07_ series are designed as low-noise versions of the TL08_ series amplifiers with low input bias and offset currents and fast slew rate. The low harmonic distortion and low noise make the TL07_ series ideally suited for high-fidelity and audio preamplifier applications. Each amplifier features JFET inputs (for high input impedance) coupled with bipolar output stages integrated on a single monolithic chip.

The C-suffix devices are characterized for operation from 0°C to 70°C. The I-suffix devices are characterized for operation from -40°C to 85°C. The M-suffix devices are characterized for operation over the full military temperature range of -55°C to 125°C.

AVAILABLE OPTIONS

T _A	V _{IO} max AT 25°C	PACKAGE							
		SMALL OUTLINE (D)†	CHIP CARRIER (FK)	CERAMIC DIP (J)	CERAMIC DIP (JG)	PLASTIC DIP (N)	PLASTIC DIP (P)	TSSOP PACKAGE (PW)	FLAT PACKAGE (W)
0°C to 70°C	10 mV 6 mV 3 mV	TL071CD TL071ACD TL071BCD	—	—	—	—	TL071CP TL071ACP TL071BCP	TL071CPWLE — —	—
	10 mV 6 mV 3 mV	TL072CD TL072ACD TL072BCD	—	—	—	—	TL072CP TL072ACP TL072BCP	TL072CPWLE — —	—
	10 mV 6 mV 3 mV	TL074CD TL074ACD TL074BCD	—	—	—	TL074CN TL074ACN TL074BCN	—	TL074CPWLE — —	—
-40°C to 85°C	6 mV	TL071ID TL072ID TL074ID	—	—	—	— — TL074IN	TL071IP TL072IP —	—	—
-55°C to 125°C	6 mV 6 mV 9 mV	—	TL071MFK TL072MFK TL074MFK	— — TL074MJ	TL071MJG TL072MJG —	— — TL074MN	— TL072MP —	—	— — TL074MW

† The D package is available taped and reeled. Add the suffix R to the device type (e.g., TL071CDR). The PW package is only available left-ended taped and reeled (e.g., TL072CPWLE).



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.



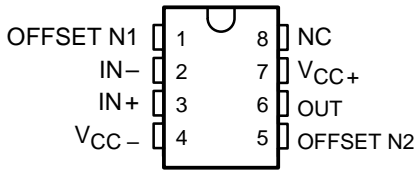
POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 1996, Texas Instruments Incorporated

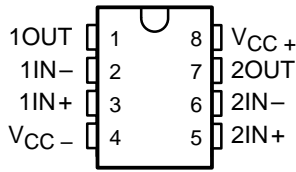
TL071, TL071A, TL071B, TL072 TL072A, TL072B, TL074, TL074A, TL074B LOW-NOISE JFET-INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS

SLOS080D - SEPTEMBER 1978 - REVISED AUGUST 1996

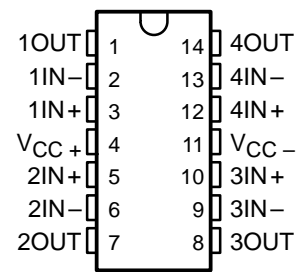
TL071, TL071A, TL071B
D, JG, P, OR PW PACKAGE
(TOP VIEW)



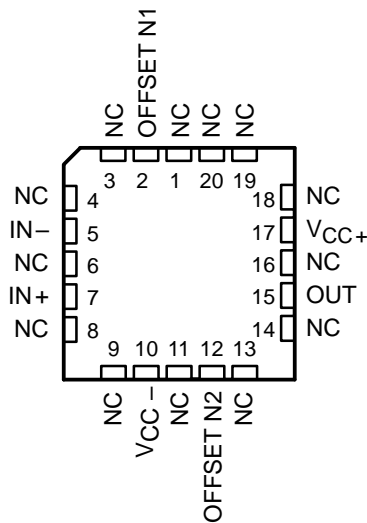
TL072, TL072A, TL072B
D, JG, P, OR PW PACKAGE
(TOP VIEW)



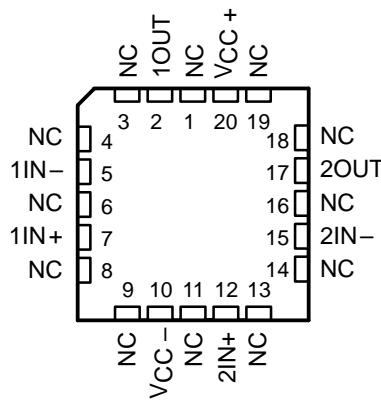
TL074, TL074A, TL074B
D, J, N, OR PW PACKAGE
TL074...W PACKAGE
(TOP VIEW)



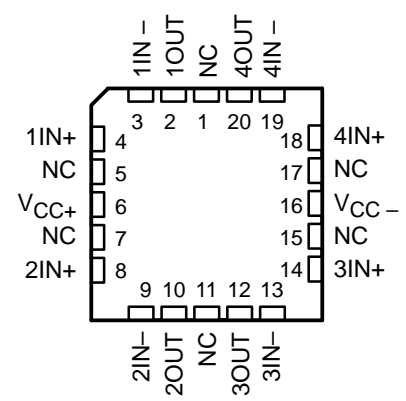
TL071
FK PACKAGE
(TOP VIEW)



TL072
FK PACKAGE
(TOP VIEW)

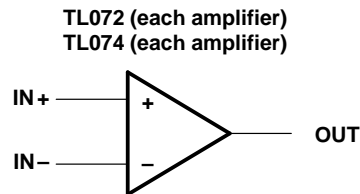
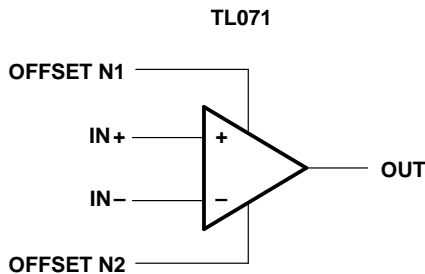


TL074
FK PACKAGE
(TOP VIEW)



NC - No internal connection

symbols



TL071, TL071A, TL071B, TL072
 TL072A, TL072B, TL074, TL074A, TL074B
 LOW-NOISE JFET-INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS

SLOS080D – SEPTEMBER 1978 – REVISED AUGUST 1996

electrical characteristics, $V_{CC\pm} = \pm 15$ V (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	T_A ‡	TL071M TL072M			TL074M			UNIT
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
V_{IO} Input offset voltage	$V_O = 0, R_S = 50 \Omega$	25°C	3	6		3	9	mV	
		Full range			9		15		
α_{VIO} Temperature coefficient of input offset voltage	$V_O = 0, R_S = 50 \Omega$	Full range	18			18		$\mu V/^\circ C$	
I_{IO} Input offset current	$V_O = 0$	25°C	5	100		5	100	pA	
		Full range			20		20	nA	
I_{IB} Input bias current‡	$V_O = 0$	25°C	65	200		65	200	pA	
		Full range			50		50	nA	
V_{ICR} Common-mode input voltage range		25°C	± 11	-12 to 15		± 11	-12 to 15	V	
V_{OM} Maximum peak output voltage swing	$R_L = 10 k\Omega$	25°C	± 12	± 13.5		± 12	± 13.5	V	
	$R_L \geq 10 k\Omega$	Full range	± 12			± 12			
	$R_L \geq 2 k\Omega$		± 10			± 10			
A_{VD} Large-signal differential voltage amplification	$V_O = \pm 10$ V, $R_L \geq 2 k\Omega$	25°C	35	200		35	200	V/mV	
		Full range	15			15			
B_1 Unity-gain bandwidth	$T_A = 25^\circ C$		3			3		MHz	
r_i Input resistance	$T_A = 25^\circ C$		10^{12}			10^{12}		Ω	
CMRR Common-mode rejection ratio	$V_{IC} = V_{ICRmin}, V_O = 0, R_S = 50 \Omega$	25°C	80	86		80	86	dB	
k_{SVR} Supply-voltage rejection ratio ($\Delta V_{CC\pm}/\Delta V_{IO}$)	$V_{CC} = \pm 9$ V to ± 15 V, $V_O = 0, R_S = 50 \Omega$	25°C	80	86		80	86	dB	
I_{CC} Supply current (each amplifier)	$V_O = 0, \text{No load}$	25°C	1.4	2.5		1.4	2.5	mA	
V_{O1}/V_{O2} Crosstalk attenuation	$A_{VD} = 100$	25°C	120			120		dB	

† Input bias currents of a FET-input operational amplifier are normal junction reverse currents, which are temperature sensitive as shown in Figure 4. Pulse techniques must be used that will maintain the junction temperature as close to the ambient temperature as possible.

‡ All characteristics are measured under open-loop conditions with zero common-mode voltage unless otherwise specified. Full range is $T_A = -55^\circ C$ to $125^\circ C$.

operating characteristics, $V_{CC\pm} = \pm 15\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	TL07xM			ALL OTHERS			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
SR	Slew rate at unity gain $V_I = 10\text{ V}$, $C_L = 100\text{ pF}$, $R_L = 2\text{ k}\Omega$, See Figure 1	5	13		8	13		$\text{V}/\mu\text{s}$
t_r	Rise time overshoot factor $V_I = 20\text{ mV}$, $C_L = 100\text{ pF}$, $R_L = 2\text{ k}\Omega$, See Figure 1	0.1			0.1			μs
		20%			20%			
V_n	Equivalent input noise voltage $R_S = 20\ \Omega$	$f = 1\text{ kHz}$			18			$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
		$f = 10\text{ Hz to }10\text{ kHz}$			4			μV
I_n	Equivalent input noise current $R_S = 20\ \Omega$, $f = 1\text{ kHz}$	0.01			0.01			$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
THD	Total harmonic distortion $V_{\text{rms}} = 6\text{ V}$, $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$, $f = 1\text{ kHz}$, $A_{VD} = 1$, $R_S \leq 1\text{ k}\Omega$,	0.003%			0.003%			

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

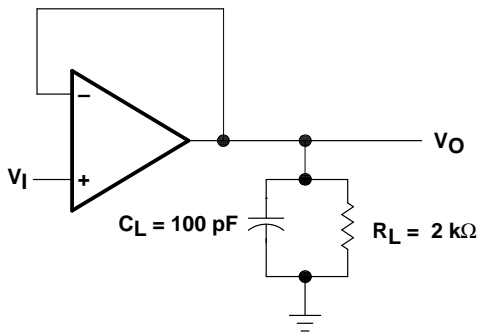


Figure 1. Unity-Gain Amplifier

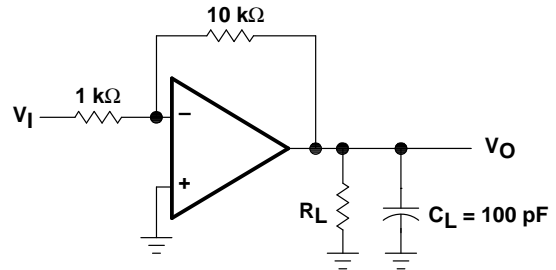


Figure 2. Gain-of-10 Inverting Amplifier

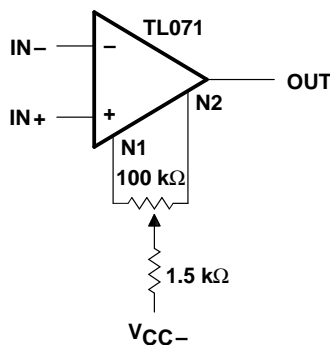


Figure 3. Input Offset Voltage Null Circuit

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β΄

Τα περιεχόμενα του CD – ROM

- **Κατάλογος “CWMDL”**

Περιέχει το πρόγραμμα C.W.M.D.L. σε μορφή setup (εγκατάστασης). Για εγκατάσταση του C.W.M.D.L. απλά πηγαίνετε σ’ αυτόν τον κατάλογο, κάντε διπλό κλικ στο **Setup.exe** και ακολουθήστε τις οδηγίες.

- **Κατάλογος “Data Sheet”**

Περιέχει τα πλήρη Data Sheets των σημαντικότερων εξαρτημάτων που χρησιμοποιήθηκαν σ’ αυτή την εργασία σε *.pdf format. Πιο αναλυτικά είναι:

2601.pdf: Το πλήρες Data Sheet του οπτοδιακόπτη 2601.

DS5000t.pdf: Το πλήρες Data Sheet του μικροελεγκτή DS5000 (T).

HIH3605.pdf: Το πλήρες Data Sheet του αισθητηρίου υγρασίας HIH3605.

LM2917.pdf: Το πλήρες Data Sheet του μετατροπέα από συχνότητα σε τάση LM2917.

LM336.pdf: Το πλήρες Data Sheet της πηγής τάσης αναφοράς LM336.

LM35.pdf: Το πλήρες Data Sheet του αισθητηρίου θερμοκρασίας LM35.

LM741.pdf: Το πλήρες Data Sheet του τελεστικού ενισχυτή LM741.

LM78XX.pdf: Το πλήρες Data Sheet των σταθεροποιητών θετικής τάσης της σειράς LM78XX.

LM79XX.pdf: Το πλήρες Data Sheet των σταθεροποιητών αρνητικής τάσης της σειράς LM79XX.

MAX158.pdf: Το πλήρες Data Sheet του μετατροπέα από αναλογικό σε ψηφιακό MAX158.

MAX233.pdf: Το πλήρες Data Sheet του Driver/Receiver MAX233 και γενικά των Drivers/Receivers της εταιρίας MAXIM.

NPP-301.pdf: Το πλήρες Data Sheet του αισθητηρίου πίεσης MPP-301.

TL07X.pdf: Το πλήρες Data Sheet των τελεστικών ενισχυτών TL071, TL072 και TL074.

Wind1899.pdf: Το πλήρες Data Sheet του ανεμομέτρου τύπου 40 της NRG Systems

- **Κατάλογος “Manuals”**

Περιέχει το εγχειρίδιο χρήσης του μικροελεγκτή DS5000 (T) σε μορφή pdf (είναι το αρχείο “DS5000guide.pdf”), εγχειρίδια χρήσης του προγράμματος KIT της Dallas (είναι τα αρχεία “After KIT.htm”, “kit(1).doc” και “Using the DS5000 Series

Microcontroller.htm”) και χρήσιμες ερωτήσεις – απαντήσεις για τον μικροελεγκτή 8051 (είναι το αρχείο “8051 microcontroller FAQ.htm”).

- **Κατάλογος “Project”**

Ο κατάλογος αυτός περιέχει όλα τα αρχεία που είναι απαραίτητα για την υλοποίηση αυτής της εργασίας. Περιέχει ακόμα το πλήρες κείμενο αυτής της εργασίας σε μορφή pdf που είναι το αρχείο “Project.pdf” .

Στον υποκατάλογο “**Images**” υπάρχουν φωτογραφίες της συσκευής (Όλες οι φωτογραφίες της συσκευής πλην του ανεμόμετρου έχουν τραβηχτεί από τον κ. Ιωάννη Δρακούλη.)

Στον υποκατάλογο “**Microcontroller**” υπάρχει το πρόγραμμα που είναι φορτωμένο στον μικροελεγκτή σε *.asm format (wmdl.asm) και σε *.hex format (wmdl.hex).

Στον υποκατάλογο “**Protel**” υπάρχει το αρχείο “Project.ddb”. Αυτό είναι ένα αρχείο του προγράμματος “Protel 99SE” το οποίο περιέχει όλα τα σχηματικά και τα τυπωμένα κυκλώματα της συσκευής.

Στον υποκατάλογο “**Visual Basic**” υπάρχει ο πηγαίος κώδικας του προγράμματος CWMDL που είναι γραμμένο σε γλώσσα Visual Basic.

- **Κατάλογος “Tools”**

Περιέχει τα εξής προγράμματα:

8051 C compiler: Είναι ένα Demo ενός πολύ καλού C Compiler για το μικροελεγκτή 8051.

Acrobat 4: Πρόγραμμα για την ανάγνωση αρχείων *.pdf

ED95setup: Ένα πολύ καλό πρόγραμμα για σύνταξη, μεταγλώττιση (compiling) και εξομοίωση προγραμμάτων για τον μικροελεγκτή 8051.

Winzip702: Το γνωστό πρόγραμμα για συμπίεση – αποσυμπίεση αρχείων.

Το πρόγραμμα KIT που βρίσκεται στον υποκατάλογο “**KIT**” και είναι το εργαλείο με το οποίο προγραμματίζεται ο DS5000(T). Περιέχει ακόμα και μερικά εργαλεία για το KIT στον υποκατάλογο “kit_tools”.

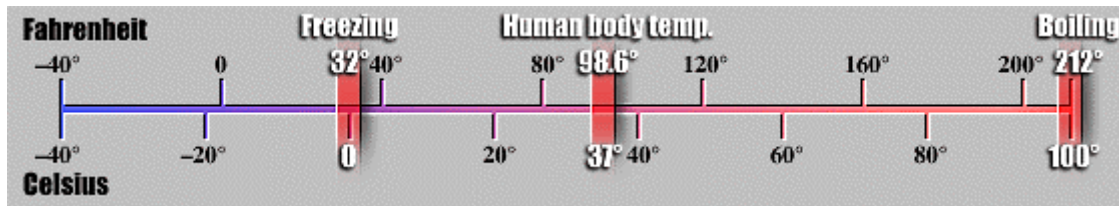
Ο υποκατάλογος “**Simulators**” περιέχει τέσσερα προγράμματα για εξομοίωση προγραμμάτων του μικροελεγκτή 8051.

- **Κατάλογος “Weather”**

Περιέχει χρήσιμες πληροφορίες (υποκατάλογος “**info**”) και φωτογραφίες (υποκατάλογος “**images**”) για τον καιρό και τη μετεωρολογία.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ΄

Χρήσιμες Πληροφορίες



Σχήμα ΠΓ.1: Αντιστοιχία της κλίμακας Celsius με την κλίμακα Fahrenheit.

Μετατροπή από Fahrenheit σε Celsius: $T_C = \frac{5}{9} \cdot (T_F - 32)$

Μετατροπή από Celsius σε Fahrenheit: $T_F = \frac{9}{5} \cdot T_C + 32$

T_C = Θερμοκρασία σε βαθμούς Celsius

T_F = Θερμοκρασία σε βαθμούς Fahrenheit

	PSI	In.H ₂ O	In.Hg	K Pascal	millibar	CmH ₂ O	mmHg
PSI	1,000	27,681	2,036	6,8948	68,948	70,309	51,715
In.H ₂ O	$3,6126 \times 10^{-2}$	1,000	$7,3554 \times 10^{-2}$	0,2491	2,491	2,5400	1,8683
In.Hg	0,4912	13,595	1,000	3,3864	33,864	34,532	25,400
KPascal	0,14504	4,0147	0,2953	1,000	10,000	10,01973	7,5006
millibar	0,01450	0,40147	0,02953	0,100	1,000	1,01973	0,75006
CmH ₂ O	$1,4223 \times 10^{-2}$	0,3937	$2,8958 \times 10^2$	0,09806	0,9806	1,000	0,7355
mmHg	$1,9337 \times 10^{-2}$	0,53525	$3,9370 \times 10^{-2}$	0,13332	1,3332	1,2595	1,000

Πίνακας ΠΓ.1: Πίνακας μετατροπής των μονάδων μέτρησης της πίεσης

Παρατηρήσεις για τον πίνακα ΠΓ.1: PSI = Pounds per Square Inch : 2 στους 39° F, 3 στους 32° F, 4 στους 4° C, 5 στους 0° C.

ΚΛΙΜΑΚΑ <i>Beaufort</i> ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΝΕΜΟ ΣΤΗΝ ΞΗΡΑ					
ΒΑΘΜΟΣ ΚΛΙΜ. BEAUFORT	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΑΝΕΜΟΥ	ΣΕ ΚΟΜΒΟΥΣ	ΣΕ m/sec	ΣΕ km/h	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΞΗΡΑ
0	Άπνοια Calm	< 1	0-0.2	1	Άπνοια ο καπνός υψώνεται κατακόρυφα
1	Σχεδόν Άπνοια Light Air	1-3	0.3-1.5	1.5	Η διεύθυνση του ανέμου φαίνεται από τον καπνό και όχι από τον ανεμοδείκτη.
2	Πολύ ασθενής Light breeze	4 - 6	1.6-3.3	6-11	Άνεμος αισθητός στο πρόσωπο. Τα φύλλα των δένδρων θροίζουν και ο ανεμοδείκτης κινείται.
3	Ασθενής Gentle Breeze	7 - 8	3.4-5.4	12-19	Τα φύλλα και τα μικρά κλωνάρια των δένδρων βρίσκονται σε συνεχή κίνηση. Ο άνεμος τεντώνει μικρή σημαία.
4	Σχεδόν Μέτριος Moderate breeze	11-16	5.5-7.9	20-28	Ο άνεμος σηκώνει σκόνη και φύλλα χάρτου. Κινεί μικρά δένδρα.
5	Μέτριος Fresh Breeze	17- 21	8.0-10.7	29-38	Μικρά δένδρα με φύλλα αρχίζουν να κινούνται. Σχηματίζονται κυματίδια σε λίμνες.
6	Ισχυρός Strong breeze	22 - 27	10.8-13.8	39-49	Κινούνται μεγάλα κλαδιά δένδρων. Ακούγεται συριγμός στα τηλεγραφικά σύρματα. Οι ομπρέλες χρησιμοποιούνται με δυσκολία.
7	Σχεδόν θυελλώδης Near Gale	28 - 33	13.9-17.1	50-61	Τα δένδρα κινούνται ολόκληρα. Το αντίθετο στον άνεμο βάδισμα γίνεται δύσκολα.
8	Θυελλώδης Gale	34 - 40	17.2-20.7	62-74	Θραύει μικρά κλωνάρια δένδρων. Γενικά εμποδίζει το αντίθετο στον άνεμο βάδισμα.
9	Πολύ θυελλώδης Strong gale	41 - 47	20.8-24.4	75-88	Προκαλούνται μικρές ζημιές σε κατασκευές. Αναρπάζονται πηλίνοι καπνοδόχοι και κεραμίδια.
10	Θύελλα Storm	48 - 55	24.5-28.4	89-102	Σπάνια παρατηρείται στο εσωτερικό της ξηράς. Ξεριζώνει δένδρα και προξενεί μεγάλες ζημιές σε κατασκευές.
11	Ισχυρή θύελλα Violent Storm	56 - 63	28.5-32.6	103-117	Πολύ σπάνια παρατηρείται. Γίνονται πολύ μεγάλες ζημιές.
12	Τυφώνας Hurricane	64 +	32.7 +	117 +	

Πίνακας ΠΓ.2: Κλίμακα Beaufort για τον άνεμο στην ξηρά

ΚΛΙΜΑΚΑ <i>Beaufort</i> ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΝΕΜΟ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑΣ				
ΒΑΘΜΟΣ ΚΛΙΜ. BEAUFORT	ΣΤΟ ΑΝΟΙΧΟ ΠΕΛΑΓΟΣ	ΚΟΝΤΑ ΣΕ ΑΚΤΕΣ ή ΣΕ ΚΛΕΙΣΤΕΣ ΘΑΛΑΣ. ΠΕΡΙΟΧΕΣ	ΥΨΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ ΣΤΟ ΑΝΟΙΧΤΟ ΠΕΛΑΓΟΣ (μέτρα)	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΣΤΟ ΠΕΛΑΓΟΣ
0	Θάλασσα κατοπτρική	Γαλήνη	0	Γαλήνη (Σαν καθρέπτης) Calm (Glassy)
1	Σχηματίζονται ρυτίδες με κορυφές χωρίς αφρό.	Ο άνεμος μόλις που μπορεί να κινήσει τα ψαροκάικα.	0-01	Γαλήνη(με ρυτίδες) Calm (Rippled)
2	Μικρά κυματίδια χαμηλά αλλά αρκετά σχηματισμένα. Οι κορυφές τους είναι λείες και δεν σπάζουν.	Ο άνεμος γεμίζει τα πανιά στα ψαροκάικα που μπορούν να κινηθούν με ταχύτητα 1-2 κόμβους.	0.1-0.5	Ήρεμη Smooth (Wave less)
3	Μεγάλα κυματίδια. Οι κορυφές αρχίζουν να σπάζουν και εμφανίζεται λείος αφρός.	Τα ψαροκάικα αρχίζουν να γέρνουν δεξιά-αριστερά και να κινούνται με ταχύτητα 3-4 κόμβους.	0.5-1.25	Λίγο Ταραγμένη Slight
3 -4	Μικρά κύματα που γίνονται μακρύτερα. Λευκοί αφροί με όψη πολλών λευκών προβάτων.	Ικανοποιητικός άνεμος για ψαροκάικα. Φουσκώνουν όλα τα πανιά τους και γέρνουν	1-1.5	Σχεδόν ταραγμένη Slight Moderate
4	Μέτρια κύματα με σαφή επιμήκη μορφή. Ενδεχομένως δημιουργία πτύλου(ψεκασμού).	Τα ψαροκάικα μαζεύουν λίγο τα πανιά.	1.25-2.5	Ταραγμένη Moderate
5	Μεγάλα κύματα αρχίζουν να σχηματίζονται. Κορυφές με λευκό αφρό. Πιθανοί πτύλοι (ψεκασμοί).	Τα ψαροκάικα διπλοδένουν (μουδάρουν) τα μεγάλα πανιά.	2-5.4	Κυματώδης Rough
6	Η θάλασσα φουσκώνει και λευκός αφρός από κύματα που σπάζουν αρχίζει να παρασύρεται και να σχηματίζονται ραβδώσεις κατά τη διεύθυνση του ανέμου.	Τα ψαροκάικα παραμένουν στο λιμάνι και εκείνα που βρίσκονται στη θάλασσα τραβερσώνουν.	4 -6	Πολύ κυματώδης Very Rough
6 -7	Μετρίως υψηλά κύματα περισσότερο επιμήκη. Τα άκρα των κορυφών των κυμάτων θραύονται και γίνεται πτύλος. Ο αφρός παρασύρεται και σχηματίζει ραβδώσεις κατά τη διεύθυνση του ανέμου.	Όλα τα ψαροκάικα δένουν στο πιο κοντινό λιμάνι.	5.5-5.7	Σχεδόν τρικυμιώδης Very rough too high.
7	Υψηλά κύματα. Πυκνές ραβδώσεις αφρού κατά την διεύθυνση του ανέμου. Οι κορυφές των κυμάτων αρχίζουν να γέρνουν να πέφτουν και να κυλίνουν. Ο πτύλος είναι δυνατό να επηρεάζει την ορατότητα.		6 -11	Τρικυμιώδης High
7 -8	Πολύ υψηλά κύματα με μακριές λοφώδεις ράχες. Ο αφρός που είναι πολύ περισσότερος παρασύρεται σε πυκνές λευκές ραβδώσεις κατά τη διεύθυνση του ανέμου. Η επιφάνεια της θάλασσας είναι στο σύνολο λευκή. Το σπάσιμο και κύλισμα των κορυφών των κυμάτων γίνεται έντονο και βίαιο. Η ορατότητα επηρεάζεται.		8 -12.5	Πολύ τρικυμιώδης High to very high
8	Εξαιρετικά υψηλά κύματα.(Η θέα πλοίων μικρής και μεσαίας χωρητικότητας ίσως για λίγη ώρα να χάνονται πίσω από τα κύματα).Η θάλασσα καλύπτεται τελείως από λευκούς αφρούς που επιμηκώνονται κατά την διεύθυνση του ανέμου. Παντού τα άκρα των κορυφών των κυμάτων βρίσκονται σε αφρώδη κατάσταση. Η ορατότητα επηρεάζεται.		11 -14	Άγρια Very High
9	Ο αέρας είναι γεμάτος με αφρό και πτύλο. Η θάλασσα είναι εντελώς λευκή. Η ορατότητα επηρεάζεται σημαντικά.		14 +	Πολύ Άγρια Phenomenal

Πίνακας ΠΓ.3: Κλίμακα Beaufort για τον άνεμο στη θάλασσα

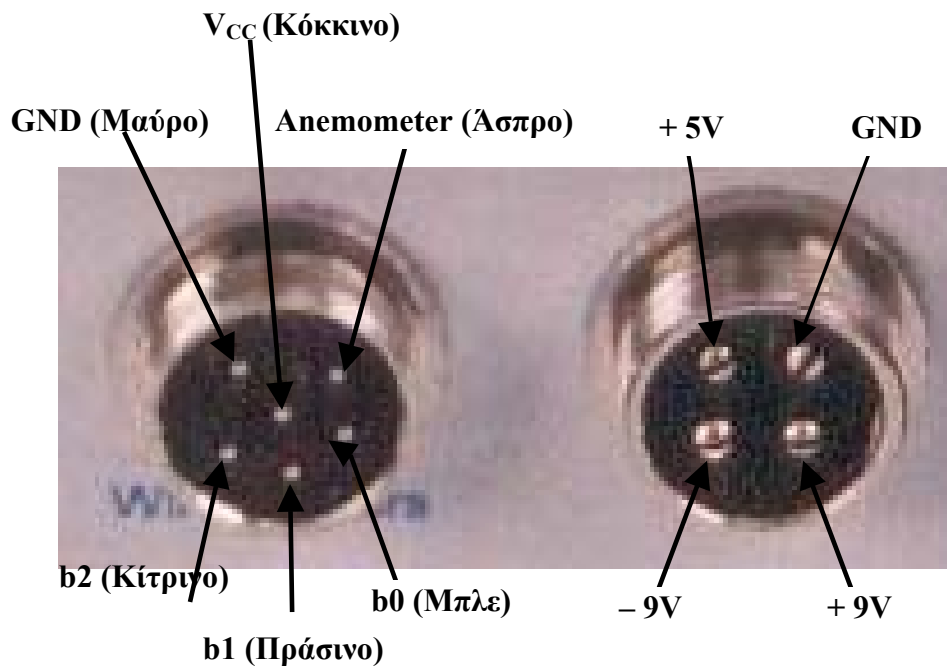
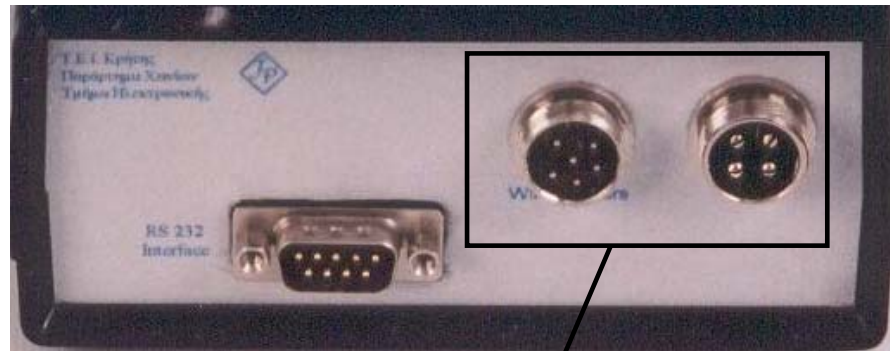
ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ – ΠΙΕΣΗΣ – ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΑΕΡΑ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ			
Height (m)	Temperature (C)	Pressure (hPa)	Density (Kg/m³)
0	15.0	1013	1.2
1000	8.5	900	1.1
2000	2.0	800	1.0
3000	-4.5	700	0.91
4000	-11.0	620	0.82
5000	-17.5	540	0.74
6000	-24.0	470	0.66
7000	-30.5	410	0.59
8000	-37.0	360	0.53
9000	-43.5	310	0.47
10000	-50.0	260	0.41
11000	-56.5	230	0.36
12000	-56.5	190	0.31
13000	-56.5	170	0.27
14000	-56.5	140	0.23
15000	-56.5	120	0.19
16000	-56.5	100	0.17
17000	-56.5	90	0.14
18000	-56.5	75	0.12
19000	-56.5	65	0.10
20000	-56.5	55	0.088
21000	-55.5	47	0.075
22000	-54.5	40	0.064
23000	-53.5	34	0.054
24000	-52.5	29	0.046
25000	-51.5	25	0.039
26000	-50.5	22	0.034
27000	-49.5	18	0.029
28000	-48.5	16	0.025
29000	-47.5	14	0.021
30000	-46.5	12	0.018
31000	-45.5	10	0.015
32000	-44.5	8.7	0.013
33000	-41.7	7.5	0.011
34000	-38.9	6.5	0.0096
35000	-36.1	5.6	0.0082

*Πίνακας ΠΓ.4: Η μεταβολή της θερμοκρασίας - πίεσης –
πυκνότητας αέρα σε σχέση με το υψόμετρο*

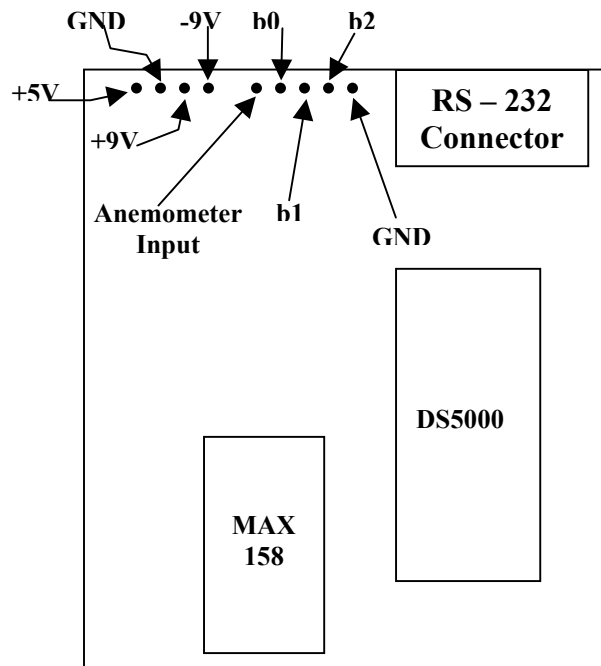
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ΄

Τεχνικά χαρακτηριστικά συσκευής

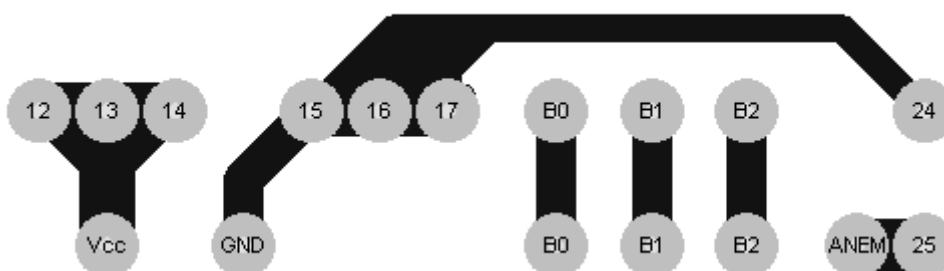
Συνδεσμολογία συνδετήρων αισθητηρίων ανέμου και τροφοδοσίας:



Οι συνδέσεις της συσκευής:



Οι συνδέσεις της πλακέτας του ανεμοδείκτη:



Βιβλιογραφία

«Εγχειρίδιο της Visual Basic 4» Nathan Gurewich & Ori Gurewich

Απόδοση στα Ελληνικά: Ε. Γκακάτσιου

Εκδόσεις Μ. Γκιούρδας, 1996.

«Βήμα Βήμα Microsoft Visual Basic 6.0 Professional» Michael Halvorson

«THE MICROCONTROLLER 8051» I. SCOTT MACKENZIE

«Secure Microcontroller User's Guide» Dallas Semiconductor Corporation

Διαδίκτυο

Εταιρίες Ηλεκτρονικών Εξαρτημάτων:

http://www.dalsemi.com	(Dallas Semiconductor)
http://www.ti.com	(Texas Instruments)
http://www.national.com	(National Semiconductor)
http://www.maxim-ic.com	(Maxim)
http://rswww.com	(RS components)
http://www.honeywell.com	(Honeywell)
http://www.novasensor.com	(Nova Sensor)

Καιρός – Μετεωρολογία:

http://www.weather.com	
http://weather.yahoo.com/	
http://www.usatoday.com/weather/wfront.htm	
http://www.wunderground.com/	
http://www.aegean.gr/3lycmytil/Meteo/History.htm	(Ιστορία της μετεωρολογίας)