

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
Ι Δ Ρ Υ Μ Α



ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ Τ.Ε.

**“ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗ 16F877Α ΜΕ
ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΣΕ LCD ΟΘΟΝΗ”**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΤΕΦΑΝΟΣ Ν.ΘΕΟΧΑΡΗΣ

Επιβλέπων : Ιωάννης Λιαπέρδος

Επίκουρος Καθηγητής Τ.Ε.Ι. Πελοποννήσου

Σπάρτη, Οκτώβριος 2017

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή

Τόπος:

Ημερομηνία:.....

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1.
2.
3.

.....

Στέφανος Ν. Θεοχάρης

Τελειόφοιτος του Τμήματος Μηχανικών Πληροφορικής Τ.Ε. του Α.Τ.Ε.Ι
Πελοποννήσου.

Copyright © Στέφανος Ν. Θεοχάρης, 2017

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πελοποννήσου.

Περίληψη

Ο σκοπός της πτυχιακής εργασίας ήταν η σχεδίαση και η κατασκευή ενός συστήματος μέτρησης και απεικόνισης της τάσης. Το σύστημα απεικονίζει με ακρίβεια τις τιμές της τάσης με την βοήθεια ενός μικροελεγκτή PIC ο χρησιμοποιείται για την μετατροπή του αναλογικού σήματος σε ψηφιακό.

Η πτυχιακή εργασία έχει χωριστεί όπως παρακάτω:

Στην αρχή γίνεται ιστορική αναδρομή των μικροεπεξεργαστών, αναφορά στην πρώτη εμφάνιση των μικροελεγκτών, τον μετέπειτα διαχωρισμό τους σε οικογένειες ανάλογα με τα bit, το έτος κατασκευής, όπως και τις πιο διαδεδομένες κατηγορίες μικροελεγκτών.

Στην συνέχεια γίνεται αναλυτική αναφορά στους μικροελεγκτές PIC.

Επίσης γίνεται αναλυτική αναφορά στον μικροελεγκτή PIC 16F877A.

Περιγράφεται επίσης η σχεδίαση του συστήματος, επεξηγούνται αναλυτικά τόσο το υλικό όσο και το λογισμικό του συστήματος.

Τέλος, αναφέρονται συμπεράσματα και μερικές εισηγήσεις για βελτίωση του συστήματος.

Λέξεις Κλειδιά

A/D, D/A, MikroC code, Voltmeter, LCD, MICROCHIP, 16F877A, Μικροελεγκτής PIC, Ταλαντωτής, RS-232 Πρωτόκολλο.

Abstract

The aim of this thesis work was the design and construction of a voltage measurement and display system. The system accurately measures voltage values using a PIC microcontroller to convert the analog signal to digital.

The project has been separated as the following below:

On the beginning introduce the historical microprocessor history, the first appearance of the microcontrollers, their subsequent separation into families according to the bit, the year of construction, as well as the most widespread categories of microcontrollers. Programming Languages and Development Tools are also analyzed.

Then is being analytical reference to the PIC microcontrollers.

Also is being analytical reference to the PIC 16F877A microcontroller.

Describes also the system design, explains in detail both the hardware and the software of the system.

Finally, draws conclusions from the previous chapters and also suggests improvement to the design of the ultrasonic range finding system.

Key Words

A/D, D/A, MikroC code, Digital Voltmeter, LCD, MICROCHIP, 16F877A, OSCILLATOR, RS-232 Protocol.

Ευχαριστίες.

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή κ. Ιωάννη Λιαπέρδο για την καθοδήγηση, τις υποδείξεις, την ανοχή του αλλά και την υπομονή του. Επίσης ευχαριστώ τον φίλο και συνάδελφο Σταμάτη Μαζιότη, για την πολύτιμη βοήθεια στις δύσκολες στιγμές που αντιμετώπισα, καθώς και την αδερφή μου για την βοήθεια της στην σύνταξη της πτυχιακής μου εργασίας.

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΕΣ	8
1.1 Μικροεπεξεργαστές	8
1.2 Μικροελεγκτής	8
1.2.1 Διαφορές από τον μικροεπεξεργαστή.....	9
1.3 Εφαρμογές των Μικροελεγκτών	10
1.4 Χαρακτηριστικά της αρχιτεκτονικής των μικροελεγκτών	10
1.4.1 Αρχιτεκτονική VON-NEUMANN.....	10
1.4.2 Αρχιτεκτονική HARVARD	11
1.5 Αρχιτεκτονική CISC (Complex Instruction Set Computer)	13
1.6 Μικροελεγκτές Αρχιτεκτονικής RISC (Reduced Instructions Set Computer = Επεξεργαστές μειωμένου συνόλου εντολών)	13

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Ο ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ PIC	14
2.1 Δομή μικροελεγκτή PIC	14
2.1.1 Κεντρική μονάδα επεξεργασίας	15
2.1.2 Καταχωρητές	16
2.1.3 Μνήμη	17
2.2 Λειτουργίες διακοπών.....	17
2.3 Χρονιστές	18
2.4 Περιφερειακές Μονάδες.....	18
2.5 Τύποι εντολών του PIC	19
2.6 Κατηγορίες μικροελεγκτών PIC	19

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Ο ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ PIC 16F877A.....	20
3.1 Γενικά Χαρακτηριστικά	20
3.2 Μετατροπή αναλογικού σήματος σε ψηφιακό.....	25
3.3 Κύκλωμα ADC στον μικροελεγκτή PIC16F877A	26
3.4 Οι βασικοί καταχωρητές του μετατροπέα ADC.....	28

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ.....	30
4.1 Σύντομη περιγραφή του συστήματος.....	30
4.2 Circuit diagram	31
4.2.1 LCD ΟΘΟΝΗ.....	32
4.2.2 LM 7805 Ισοσταθμιστής Τάσης	33
4.2.3 Επιλογή κρυστάλλου	34
4.2.4 Διαιρέτης Τάσης	35
4.3 Σχεδίαση και υλοποίηση προγράμματος σε mikroC PRO	37
4.4 Προγραμματισμός PIC	42
4.5 Προσομοίωση Προγράμματος (.hex).....	43
4.6 Ανάλυση Κώδικα Μικροελεγκτή PIC 16F877A	44

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	47
5.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	47
5.2 ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	47
5.3 ΕΠΙΛΟΓΟΣ	50
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	50

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1 - Αρχιτεκτονική VON-NEUMANN.....	11
Σχήμα 2 - αρχιτεκτονική HARVARD.....	12
Σχήμα 3 - Pin layout του PIC16F877A.....	20
Σχήμα 4 - Διάγραμμα Βαθμίδων του PIC 16F877A.....	22
Σχήμα 5 - Επεξήγηση των ακροδεκτών του PIC16F877A	23
Σχήμα 6 - Επεξήγηση των ακροδεκτών του PIC16F877A	24
Σχήμα 7 - Χάρτης Μνήμης του PIC 16F877A.....	24
Σχήμα 8 - Ένα τυπικό σύστημα συλλογής δεδομένων	25
Σχήμα 9 - Κύκλωμα ADC σε μικροελεγκτή PIC.....	27
Σχήμα 10 - Καταχώρηση αποτελέσματος μετατροπής στους καταχωρητές ADRESH και.....	27
Σχήμα 11 - Ο καταχωρητής ADCON0 και οι λειτουργίες που επιτελούν τα bits που αυτός διαθέτει.	28
Σχήμα 12 - Ο καταχωρητής ADCON1 και οι λειτουργίες που επιτελούν τα bits που αυτός διαθέτει.	29
Σχήμα 13 - Κύκλωμα βολτόμετρου.....	31
Σχήμα 14 - Οθόνη LCD	32
Σχήμα 15 - LM 7805	33
Σχήμα 16 - Συνδεσμολογία Ταλαντωτή	34
Σχήμα 17 - Κύκλωμα διαιρέτη Τάσης.....	35
Σχήμα 18 - PIC mikroC PRO.....	38
Σχήμα 19 - Δημιουργία νέου project.....	38
Σχήμα 20 - Επιλογή μικροελεγκτή PIC	39
Σχήμα 21 - Επιλογή εξωτερικού κρύσταλλου	39
Σχήμα 22 - Επιλογή φακέλου για αποθήκευση του project.....	40
Σχήμα 23 - Επιλογή βιβλιοθηκών	40
Σχήμα 24 - Ολοκλήρωση δημιουργίας νέου project	41
Σχήμα 25 - Compile	41
Σχήμα 26 - PIC JDM Programmer.....	42
Σχήμα 27 - Load .hex	42
Σχήμα 28 - Προγραμματισμός PIC με το .hex αρχείο	43
Σχήμα 29 - Proteus Simulation Program for PIC	43
Σχήμα 30 - Διάγραμμα Ροής	46

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΕΣ

1.1 Μικροεπεξεργαστές

Τη δεκαετία του 1970 έκαναν την εμφάνισή τους οι πρώτοι μικροεπεξεργαστές, οι οποίοι εξέπληξαν με την παρουσία τους, καθώς ήταν η πρώτη φορά που υπήρχε κάτι σε μορφή ολοκληρωμένου κυκλώματος το οποίο περιείχε κεντρική μονάδα επεξεργασίας

Μια αξιόλογη ισχύς επεξεργασίας ήταν πλέον διαθέσιμη με χαμηλό κόστος. Αρχικά, η μνήμη του μικροεπεξεργαστή ήταν έξω από αυτόν, με αποτέλεσμα να υπάρχει ανάγκη υλοποίησης ενός συστήματος το οποίο και πάλι χρειαζόταν έναν μεγάλο αριθμό από ολοκληρωμένα κυκλώματα. Σιγά σιγά ο μικροεπεξεργαστής άρχισε να γίνεται πιο ανεξάρτητος, όπως για παράδειγμα, να περιλαμβάνει μαζί με την κεντρική μονάδα επεξεργασίας και τη μνήμη μέσα στο ίδιο chip. Επίσης, η κεντρική μονάδα επεξεργασίας γινόταν ισχυρότερη και γρηγορότερη. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα ο μικροεπεξεργαστής να αναβαθμιστεί γρήγορα από 8bit σε 16bit και 32bit.

1.2 Μικροελεγκτής

Ο μικροελεγκτής είναι ένας τύπος επεξεργαστή, ουσιαστικά μια παραλλαγή μικροεπεξεργαστή, ο οποίος μπορεί να λειτουργήσει με ελάχιστα εξωτερικά εξαρτήματα, λόγω των πολλών ενσωματωμένων υποσυστημάτων που διαθέτει. Χρησιμοποιείται ευρύτατα σε όλα τα ενσωματωμένα συστήματα (embedded systems) ελέγχου χαμηλού και μεσαίου κόστους, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται σε αυτοματισμούς, ηλεκτρονικά καταναλωτικά προϊόντα, και ηλεκτρικές συσκευές. Η επικοινωνία με το εσωτερικό του μικροελεγκτή γίνεται μέσα από τους ακροδέκτες (pins).

Σήμερα υπάρχουν εκατοντάδες διαφορετικοί τύποι μικροελεγκτών, οι οποίοι φτιάχνονται από διαφορετικούς κατασκευαστές. Ένας κατασκευαστής χτίζει μια οικογένεια μικροελεγκτών η οποία βασίζεται σε έναν συγκεκριμένο πυρήνα μικροεπεξεργαστή. Οι διαφορετικοί τύποι μικροεπεξεργαστών μιας οικογένειας δημιουργούνται χρησιμοποιώντας τον ίδιο πυρήνα, συνδυάζοντας το με διαφορετικούς τύπους περιφερειακών μονάδων και διαφορετικά μεγέθη μνήμης. Ένας πυρήνας μπορεί να είναι 8bit με περιορισμένη ισχύ, ένας άλλος 16-bit, ή να είναι μια περίπλοκη συσκευή 32-bit. Σε κάθε πυρήνα προστίθενται διαφορετικοί συνδυασμοί περιφερειακών και μεγέθους μνήμης, με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν διαφορετικά μοντέλα σε μια οικογένεια μικροεπεξεργαστών.

Επειδή ο πυρήνας είναι συγκεκριμένος για όλα τα μοντέλα μιας οικογένειας, οι οδηγίες για την χρήση του παραμένουν ίδιες και οι χρήστες δεν δυσκολεύονται όταν χειρίζονται διαφορετικά μοντέλα. Υπάρχουν διάφορες αρχιτεκτονικές, πάνω στις οποίες είναι βασισμένοι οι μικροελεγκτές. Μερικές από τις πιο κοινές αρχιτεκτονικές είναι οι:

CF 32-bit, ARM, MIPS 32-bit (PIC32), S08, AVR, PIC (8-bit PIC16, PIC18, 16-bit dsPIC33 / PIC24), V850, PowerPC ISE, PSoC (Programmable System-on-Chip).

1.2.1 Διαφορές από τον μικροεπεξεργαστή

Οι μικροελεγκτές και οι μικροεπεξεργαστές χρησιμοποιούνται ευρέως σε ενσωματωμένα συστήματα, αν και οι μικροελεγκτές προτιμώνται σε σχέση με τους μικροεπεξεργαστές σε ενσωματωμένα συστήματα λόγω της χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας. Ένας μικροελεγκτής ενσωματώνει περισσότερες λειτουργίες απ'ότι ένας μικροεπεξεργαστής ο οποίος περιέχει μόνο κεντρική μονάδα επεξεργασίας όπως αυτοί που χρησιμοποιούνται στους υπολογιστές. Εκτός των συνηθισμένων αριθμητικών και λογικών στοιχείων ενός μικροεπεξεργαστή, ο μικροελεγκτής διαθέτει επιπλέον λειτουργίες.

Κάποιες από αυτές είναι η ικανότητα να χρησιμοποιεί μνήμη τυχαίας προσπέλασης για αποθήκευση δεδομένων (όπως η μνήμη RAM), μνήμη μόνο για ανάγνωση για αποθήκευση προγραμμάτων, μνήμη flash για αποθήκευση προσωρινών δεδομένων. Ένα από τα πλεονεκτήματα του μικροελεγκτή είναι η χαμηλή κατανάλωση του σε ισχύ, ειδικά όταν βρίσκεται σε κατάσταση που δεν επεξεργάζεται δεδομένα, αυτό κάνει τους μικροελεγκτές ιδανικούς σε συσκευές που λειτουργούν με χαμηλή τάση ή με μπαταρίες.

1.3 Εφαρμογές των Μικροελεγκτών

Εκτός από τις εφαρμογές ελέγχου, όπως το σύστημα παρακολούθησης του σπιτιού, οι μικροελεγκτές συχνά συναντώνται σε ενσωματωμένα συστήματα. Ανάμεσα στις πολλές χρήσεις που μπορεί να βρει κάποιος σε ένα μικροελεγκτή είναι: εφαρμογές στην αυτοκινητοβιομηχανία, σε ηλεκτρικές συσκευές φούρνοι, ψυγείο, τηλεοράσεις και βίντεο, στερεοφωνικό κλπ, σε αυτοκίνητα έλεγχος κινητήρα, διάγνωση, έλεγχος κλιματιστικού, στα μουσικά όργανα και σε χιλιάδες άλλες χρήσεις.

1.4 Χαρακτηριστικά της αρχιτεκτονικής των μικροελεγκτών

Υπάρχουν κυρίως δύο αρχιτεκτονικές. Η μια είναι η αρχιτεκτονική VON-NEUMANN (ή Princeton) και η άλλη είναι η αρχιτεκτονική Harvard. Αυτές οι δύο αρχιτεκτονικές διαφέρουν στον τρόπο που τα δεδομένα και τα προγράμματα είναι αποθηκευμένα και προσβάσιμα.

1.4.1 Αρχιτεκτονική VON-NEUMANN

Οι μικροελεγκτές που βασίζονται στην αρχιτεκτονική VON-NEUMANN έχουν ένα ενιαίο δίαυλο δεδομένων που χρησιμοποιείται για να μεταφέρει μαζί οδηγίες και δεδομένα. Οι οδηγίες και τα δεδομένα του προγράμματος είναι αποθηκευμένα σε μια κύρια κοινή μνήμη. Όταν ένας τέτοιος μικροελεγκτής διευθύνει μια κύρια κοινή μνήμη, πρώτα μεταφέρει μια εντολή και μετά προσκομίζει τα δεδομένα για να υποστηρίξει την εντολή. Οι δύο ξεχωριστές μεταφορές επιβραδύνουν την λειτουργία του ελεγκτή. Το κύριο πλεονέκτημα της αρχιτεκτονικής VON-NEUMANN είναι ότι απλοποιεί το σχεδιασμό του μικροελεγκτή, επειδή μόνο μια μνήμη είναι προσβάσιμη.

Στους μικροελεγκτές, τα περιεχόμενα της μνήμης RAM μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αποθήκευση δεδομένων και αποθήκευση εντολών του προγράμματος.

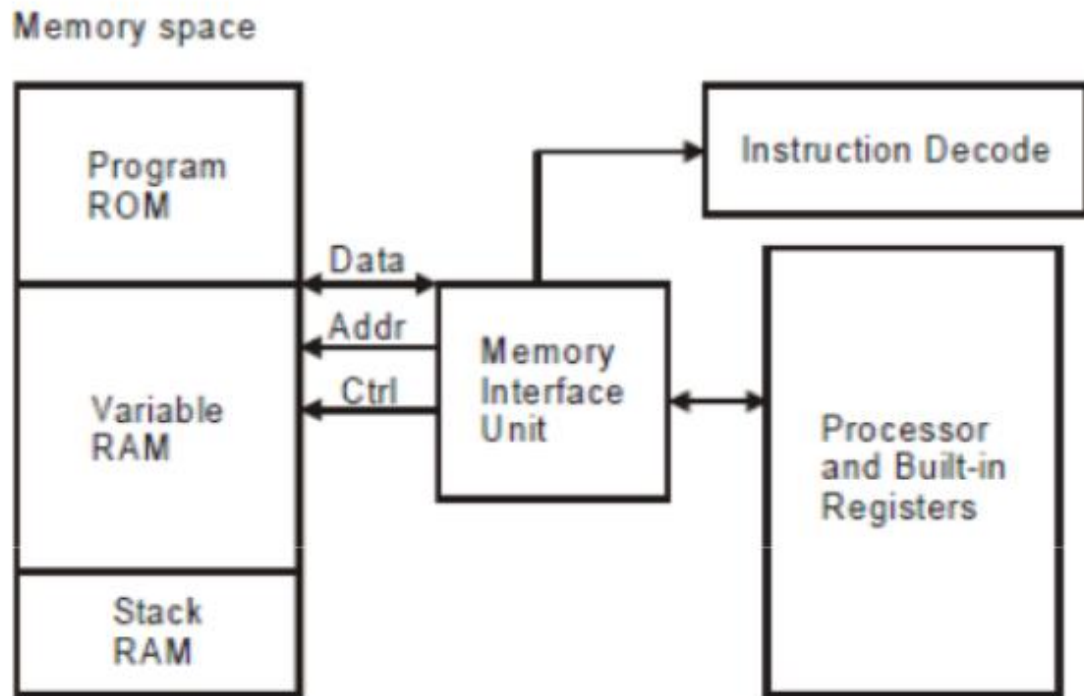
Παράδειγμα:

Μια εντολή

«Διάβασε ένα byte της μνήμης και αποθήκευσέ το στον καταχωρητή» έχει ως εξής:

Κύκλος1: Διάβασε την εντολή

Κύκλος2: Διάβασε τα δεδομένα από τη RAM και μετάφερε τα στον καταχωρητή.



Σχήμα 1 - Αρχιτεκτονική VON-NEUMANN
[\[12\]](#)

1.4.2 Αρχιτεκτονική HARVARD

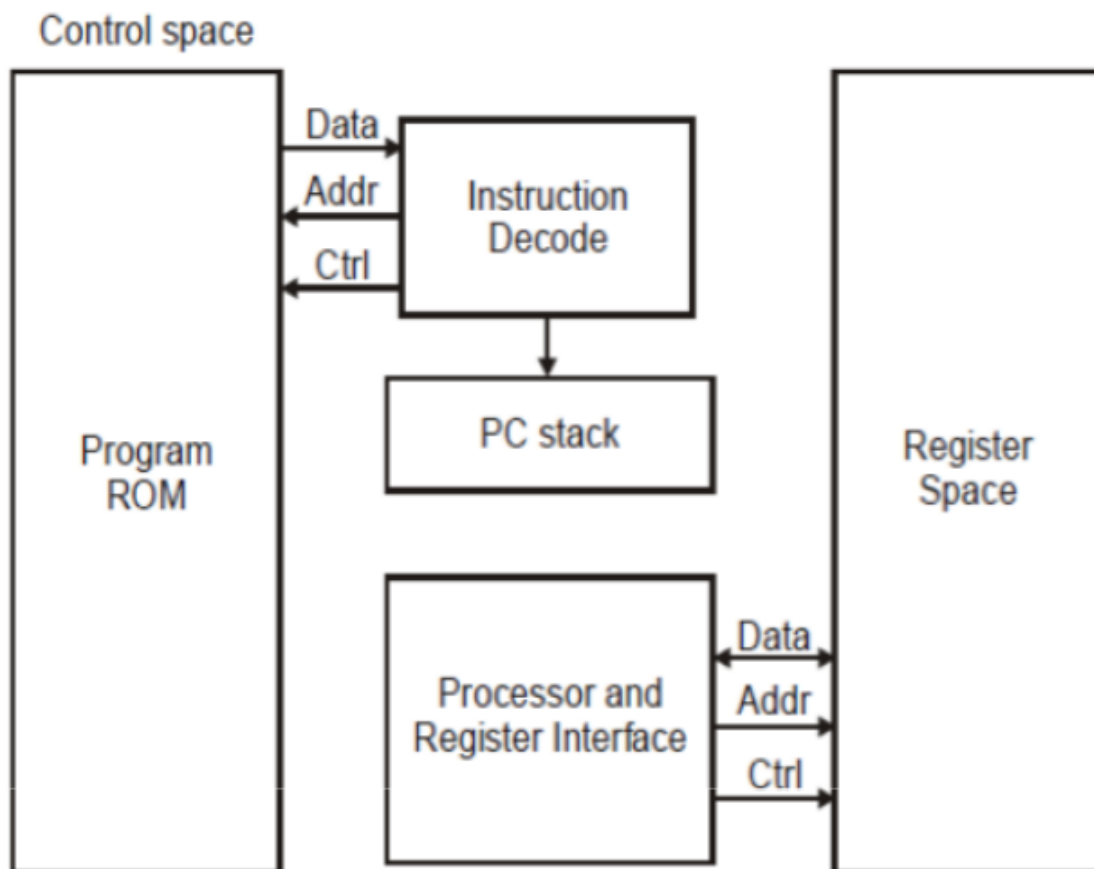
Οι μικροελεγκτές που βασίζονται στην Αρχιτεκτονική HARVARD έχουν χωριστό δίαυλο δεδομένων και δίαυλο εντολών. Αυτό επιτρέπει την εκτέλεση να συμβεί παράλληλα. Καθώς μια εντολή είναι pre fetched (προ-μεταφερόμενη), η τρέχουσα εντολή εκτελείται στο δίαυλο δεδομένων. Μόλις η τρέχουσα εντολή ολοκληρωθεί, η επόμενη εντολή είναι έτοιμη να ξεκινήσει. Αυτή η pre-fetch θεωρητικά επιτρέπει μια πολύ γρηγορότερη εκτέλεση από την αρχιτεκτονική VONNEUMANN.

Η αρχιτεκτονική HARVARD εκτελεί τις εντολές σε λιγότερους κύκλους εντολών από ότι η αρχιτεκτονική VON-NEUMANN. Για παράδειγμα η οικογένεια Intel MCS-51 των μικροελεγκτών και των μικροελεγκτών PIC χρησιμοποιεί αρχιτεκτονική HARVARD. Η ίδια οδηγία, όπως φαίνεται, θα εκτελούνταν ως εξής:

Κύκλος1: Ολοκλήρωσε τις προηγούμενες οδηγίες.
Διάβασε την εντολή “Μετακίνησε τα δεδομένα στον καταχωρητή”.

Κύκλος2:Εκτέλεσε την εντολή “Μετακίνησε τα δεδομένα στον Καταχωρητή και
Διάβασε την επόμενη οδηγία.”

Ως εκ τούτου, κάθε εντολή εκτελείται αποτελεσματικά σε έναν μόνο κύκλο εντολών.



Σχήμα 2 - αρχιτεκτονική HARVARD
[\[13\]](#)

1.5 Αρχιτεκτονική CISC (Complex Instruction Set Computer)

Σήμερα, σχεδόν όλοι οι μικροελεγκτές βασίζονται στην λογική της CISC. Όταν ένας μικροελεγκτής έχει ένα σύνολο εντολών που υποστηρίζει πολλά μοντέλα διευθύνσεων addressing modes) για τις αριθμητικές και λογικές εντολές, μεταφορά δεδομένων και μνήμη εντολών πρόσβασης, ο μικροελεγκτής είναι αρχιτεκτονικής CISC. Ο τυπικός μικροελεγκτής CISC διαθέτει πάνω από 80 εντολές, πολλές από αυτές πολύ ισχυρές και ιδιαίτερα εξειδικευμένες για συγκεκριμένα καθήκοντα ελέγχου. Κάποιοι μπορούν να λειτουργήσουν μόνο σε συγκεκριμένους χώρους διευθύνσεων και άλλοι μπορούν μόνο να αναγνωρίζουν ορισμένους κώδικες διευθύνσεων.

Τα πλεονεκτήματα της αρχιτεκτονική CISC ότι πολλές από τις εντολές είναι macro-like, επιτρέποντας στον προγραμματιστή να χρησιμοποιήσει μια εντολή αντί για πολλές απλούστερες εντολές.

Ένα παράδειγμα ενός μικροελεγκτή αρχιτεκτονικής CISC είναι η οικογένεια Intel 8096.

1.6 Μικροελεγκτές Αρχιτεκτονικής RISC (Reduced Instructions Set Computer = Επεξεργαστές μειωμένου συνόλου εντολών)

Όταν ένας μικροελεγκτής έχει ένα σύνολο εντολών που υποστηρίζει λιγότερους τρόπους διευθυνσιοδότησης (addressing modes) για αριθμητικές και λογικές εντολές και για εντολές μεταφοράς δεδομένων, τότε ο μικροελεγκτής είναι αρχιτεκτονικής RISC. Τα οφέλη του σχεδίου RISC είναι ότι είναι ένα μικρότερο chip, μικρότερος αριθμός pin και πολύ μικρή κατανάλωση ενέργειας. Μερικά από τα τυπικά χαρακτηριστικά της αρχιτεκτονικής RISC- HARVARD είναι:

- Επιτρέπει την ταυτόχρονη πρόσβαση του προγράμματος και των δεδομένων.
- Συγκεντρώνει ορισμένες λειτουργίες για αυξημένη απόδοση επεξεργασίας.
- Επιτρέπει κάθε εντολή να λειτουργήσει σε κάθε καταχωρητή ή να χρησιμοποιήσει οποιοδήποτε κώδικα διευθύνσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Ο ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ PIC

2.1 Δομή μικροελεγκτή PIC

Οι μικροελεγκτές δομικά μπορούν να χωριστούν σε δύο μέρη, τον πυρήνα (core), ο οποίος περιλαμβάνει τα απαραίτητα στοιχεία για την λειτουργία του, και τις περιφερειακές μονάδες, που είναι ενσωματωμένες στους μικροελεγκτές. Αυτές τους διαφοροποιούν από τους μικροεπεξεργαστές. Συγκεκριμένα, ο πυρήνας ενός μικροελεγκτή PIC περιλαμβάνει:

- Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας
- Μνήμη
- Εντολές
- Λειτουργίες διακοπών (interrupts)

Στις περιφερειακές μονάδες ανήκουν:

- Οι θύρες εισόδου/εξόδου γενικής χρήσης
- Οι μετρητές χρόνου (τρεις μονάδες)
- Η μονάδα διαμόρφωσης πλάτους
- Οι θύρες σειριακής επικοινωνίας (τρεις θύρες)
- Η θύρα παράλληλης επικοινωνίας
- Η μονάδα παραγωγής τάσης αναφοράς

- Οι συγκριτές
- Ο μετατροπέας αναλογικού σήματος σε ψηφιακό

Για τη διαμόρφωση των εντολών οι μικροεπεξεργαστές και μικροελεγκτές ασπάζονται την αρχιτεκτονική RISC (Reduced Instruction Set Computer) ή την αρχιτεκτονική CISC (Complex Instruction Set Computer). Για παράδειγμα, σε μικροεπεξεργαστή αρχιτεκτονικής RISC βασίζεται ένας μεγάλος κεντρικός υπολογιστής ενώ ο προσωπικός μας υπολογιστής σε μικροεπεξεργαστή αρχιτεκτονικής CISC. Οι μικροεπεξεργαστές και οι μικροελεγκτές που βασίζονται στην αρχιτεκτονική RISC διαθέτουν λίγες απλές εντολές, μπορούν όμως να ανταποκριθούν σε όλες τις απαιτήσεις του προγραμματισμού.

Οι μικροελεγκτές PIC εφαρμόζουν την αρχιτεκτονική RISC, διαθέτουν τριανταπέντε εντολές μήκους μιας λέξης δεκατεσσάρων bits. Έτσι σε αντίθεση με τους μικροελεγκτές αρχιτεκτονικής CISC, ο PIC εκτελεί την κάθε εντολή σε ένα κύκλο μηχανής, με αποτέλεσμα την σημαντική βελτίωση της ταχύτητας επεξεργασίας. Στο σημείο αυτό ας τονίσουμε ότι μοναδική εξαίρεση αποτελούν οι εντολές διακλάδωσης, οι οποίες εκτελούνται σε δύο κύκλους μηχανής.

Αρχές σχεδιασμού RISC:

- Εκτέλεση εντολών απευθείας από το υλικό με hard-wired Control Units.
- Μεγιστοποίηση του ρυθμού υποβολής εντολών με υλοποίηση παράλληλων αρχιτεκτονικών προσκόμισης και εκτέλεσης εντολών.
- Εύκολη αποκωδικοποίηση των εντολών, οι οποίες έχουν όλες το ίδιο μήκος και την ίδια μορφή(opcode + operands).
- Περιορισμός των εντολών που προσπελαίνουν την μνήμη.
- Αφθονία καταχωρητών γενικής χρήσης.

2.1.1 Κεντρική μονάδα επεξεργασίας

Η Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας, γνωστή και ως central process unit, είναι ο εγκέφαλος που διαχειρίζεται και εκτελεί τις εντολές του προγράμματος που έχουμε αποθηκεύσει σε μια μνήμη η οποία ονομάζεται μνήμη προγράμματος.

Από τη μνήμη αυτή, η κεντρική μονάδα επεξεργασίας φέρνει με τη σειρά, εντολές του προγράμματος, τις αποκωδικοποιεί και τις εκτελεί. Μέσα στην κεντρική μονάδα επεξεργασίας βρίσκεται η αριθμητική και η λογική μονάδα.

Οι αριθμητικές πράξεις που μπορεί να εκτελεί είναι η πρόσθεση και η αφαίρεση. Επίσης, έχει τη δυνατότητα να εκτελεί λογικές πράξεις. Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας χρησιμοποιεί ένα μετρητή προγράμματος για τη σωστή ανεύρεση των εντολών, που πρέπει να εκτελεστούν. Στην πραγματικότητα, πρόκειται για έναν καταχωρητή, ο οποίος περιέχει τη διεύθυνση της μνήμης στην οποία βρίσκεται αποθηκευμένη η εντολή που πρέπει να εκτελεσθεί. Ο καταχωρητής αυτός ονομάζεται Program Counter (PC).

2.1.2 Καταχωρητές

Οι καταχωρητές αποτελούν είναι ένα από τα βασικότερα στοιχεία της αρχιτεκτονικής ενός μικροελεγκτή αφού ανάλογα με το πλήθος, το είδος και τις δυνατότητές τους επηρεάζουν την ευκολία προγραμματισμού του μικροελεγκτή. Κάθε εντολή ενός προγράμματος χρησιμοποιεί έναν τουλάχιστον καταχωρητή. Οι ικανότητες προγραμματισμού ενός μικροελεγκτή εξαρτώνται από την ποιότητα του καταχωρητή. Υπάρχουν δύο ομάδες καταχωρητών. Η πρώτη ομάδα, η οποία περιέχει καταχωρητές ειδικών λειτουργιών (special function registers), όπως αυτών του ελέγχου των περιφερειακών που βρίσκονται ενσωματωμένα στον μικροελεγκτή.

Η δεύτερη ομάδα περιέχει καταχωρητές γενικής χρήσης και αναφέρεται ως αρχείο καταχωρητών γενικού σκοπού (general purpose registers). Επίσης, ο μικροελεγκτής διαθέτει τους καταχωρητές W και PC (program counter). Ο καταχωρητής W λέγεται και καταχωρητής εργασίας. Είναι ανεξάρτητος από τους υπόλοιπους και βρίσκεται άμεσα συνδεδεμένος με την αριθμητική και λογική μονάδα του PIC. Αυτό του δίνει κάποια μοναδικά πλεονεκτήματα, με αποτέλεσμα να είναι απαραίτητος για την εκτέλεση κάποιων εντολών.

Όλοι οι μικροεπεξεργαστές και μικροελεγκτές διαθέτουν τον μετρητή προγράμματος PC, μέσα από τον οποίο η κεντρική μονάδα επεξεργασίας εντοπίζει στη μνήμη την εντολή που πρόκειται να εκτελέσει. Οι εντολές ενός προγράμματος, συνήθως εκτελούνται με την σειρά που βρίσκονται αποθηκευμένες στη μνήμη. Ο PC, σε κάθε εντολή που πρόκειται να εκτελεστεί, αυξάνεται κατά ένα, έτσι ώστε να έχει τη διεύθυνση της επόμενης εντολής.

2.1.3 Μνήμη

Ο μικροελεγκτής PIC ακολουθεί την αρχιτεκτονική Harvard, κάτι που σημαίνει ότι πρόγραμμα και δεδομένα βρίσκονται σε ξεχωριστές μνήμες. Ένας μικροελεγκτής έχει ενσωματωμένες μνήμες RAM και ROM. Το πρόγραμμα που γράφει ο χρήστης αποθηκεύεται στην μνήμη ROM. Το μέγεθος της μνήμης προγράμματος κυμαίνεται από 2 έως 8 Kbytes, η οποία συνήθως είναι τύπου flash, ενώ η μνήμη δεδομένων φτάνει τα 512 Bytes συνολικά. Υπάρχουν τρεις τύποι μνήμης ROM.

EPROM - γράμμα (C):

Η μνήμη αυτή σβήνεται από υπεριώδη ακτινοβολία. Ο χρόνος που απαιτείται για να σβηστεί, εξαρτάται κυρίως από το μήκος κύματος, την ένταση και την απόσταση από την πηγή παραγωγής ακτινοβολίας. Για τον λόγο αυτό, τα παραθυράκια των μνήμων EPROM πρέπει να καλύπτονται με αυτοκόλλητο χαρτάκι

ROM - γράμμα (CR):

Γράφεται από τον κατασκευαστή προσφέροντας μια φθηνότερη λύση σε σχέση με την προηγούμενη.

FROM - FLASH ROM – γράμμα (F):

Σβήνεται και γράφεται ηλεκτρικά. Χρησιμοποιείται φθηνή πλαστική κατασκευή και μπορεί να προγραμματιστεί χωρίς απομάκρυνση από το κύκλωμα που χρησιμοποιείται.

RAM - (Random Access Memory):

Η αποθήκευση των δεδομένων είναι προσωρινή αν χαθεί η τάση τροφοδοσίας χάνονται και τα δεδομένα.

2.2 Λειτουργίες διακοπών

Καθώς ο μικροελεγκτής PIC εκτελεί μια εντολή, μπορεί να διακόψει την εκτέλεση αυτής, αν το κρίνει απαραίτητο εξαιτίας κάποιου σημαντικού συμβάντος, στο οποίο δίνει προτεραιότητα και εκτελεί εκείνο. Τη σπουδαιότητα κάποιων συμβάντων την κρίνουν οι περιφερειακές συσκευές που διενεργούν τους ελέγχους. Όταν διαπιστωθεί ένα τέτοιο συμβάν δίνεται εντολή στην Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας του μικροελεγκτή, ο οποίος θα σταματήσει την διεργασία που εκτελεί.

Αυτή η εντολή λέγεται διακοπή και προωθεί την εκτέλεση ενός κώδικα που λέγεται ρουτίνα εξυπηρέτησης της διακοπής. Ένας μικροελεγκτής PIC δέχεται πολλές διακοπές οι οποίες προέρχονται από διάφορες περιφερειακές μονάδες.

Μια περιφερειακή μονάδα μπορεί να δώσει ένα σήμα διακοπής, υπάρχουν όμως και μονάδες που δίνουν περισσότερες από μία διακοπές, όπως για παράδειγμα το περιφερειακό σειριακής επικοινωνίας.

2.3 Χρονιστές

Ένα από τα χαρακτηριστικά του PIC που χρησιμοποιείται πολύ συχνά, είναι οι χρονιστές. Υπάρχουν δύο τύποι χρονιστών, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Ο πρώτος είναι ο χρονιστής που συμβολίζεται και ως TMR0, είναι ένας απαριθμητής των 8-bits που δέχεται με εναλλακτικά χρονισμό, από δύο διαφορετικές πηγές και ο δεύτερος χρονιστής είναι ο χρονιστής επιτήρησης ή Watchdog Timer, ο οποίος ανήκει στα εσωτερικά κυκλώματα του PIC. Διαφορετικές εκδόσεις του PIC μπορεί να περιέχουν επιπλέον χρονιστές για διάφορες λειτουργίες.

2.4 Περιφερειακές Μονάδες

Τα περιφερειακά συστήματα ενός μικροελεγκτή PIC, τα οποία έχει ενσωματωμένα, τον βοηθούν να εκτελέσει ένα μεγάλο σύνολο εφαρμογών. Διαθέτει 5 θύρες εισόδου / εξόδου, που η καθεμία διαθέτει 8 δυαδικά ψηφία. Χρησιμοποιούνται σαν απλές θύρες ή σαν θύρες των περιφερειακών. Η 4^η και η 5^η χρησιμοποιούνται για παράλληλη επικοινωνία. Διαθέτει τρεις μετρητές χρόνου, που του δίνουν μεγάλες δυνατότητες σε εφαρμογές όπου οι πολλαπλές μετρήσεις χρόνου είναι απαραίτητες. Παράλληλα, είναι εφικτή η παραγωγή παλμών ελεγχόμενης διάρκειας, κάτι που είναι πολύ χρήσιμο για την παραγωγή ρυθμιζόμενης συνεχούς τάσης.

Επιπροσθέτως, ο μικροελεγκτής παρέχει έξοδο παλμοσειράς με ρυθμιζόμενο εύρος. Αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ρύθμιση διαφόρων βιομηχανικών συσκευών. Διαθέτει ένα μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακό. Ο μετατροπέας αυτός είναι οχτώ καναλιών, που σημαίνει ότι έχει τη δυνατότητα να λαμβάνει και να μετατρέπει οχτώ διαφορετικά αναλογικά σήματα. Το αποτέλεσμα της μετατροπής, για κάθε κανάλι, είναι ένας αριθμός 8bit. Στον μικροελεγκτή μας δε λείπει και η δυνατότητα σειριακής επικοινωνίας.

Μάλιστα, διαθέτει δύο περιφερειακά: Ένα για σύγχρονη ή ασύγχρονη επικοινωνία, του γνωστού μας τύπου USART και ένα για σύγχρονη, μόνον, επικοινωνία, το οποίο SSP.

2.5 Τύποι εντολών του PIC

Οι εντολές του PIC είναι μήκους μιας λέξης, με 14 δυαδικά ψηφία. Η δομή της λέξης είναι διαφορετική στην κάθε εντολή. Σε όλες τις λέξεις, το πρώτο τμήμα περιέχει τον κωδικό της εντολής (OPCODE), ενώ το υπόλοιπο περιέχει πληροφορίες για την εκτέλεση της εντολής. Αυτός ο κωδικός είναι καθορισμένος από την αρχιτεκτονική του συστήματος, είναι μοναδικός για κάθε εντολή και δεν μπορεί να αλλαχθεί.

Η Κ. Μ. Ε. διαβάζοντας τον κωδικό μιας εντολής, γνωρίζει ακριβώς τις εργασίες που πρέπει να εκτελέσει, ενώ οι απαιτούμενες για την εκτέλεση τους πληροφορίες βρίσκονται στο υπόλοιπο τμήμα της λέξης. Οι εντολές του PIC χωρίζονται σε τέσσερις γενικές κατηγορίες, ως εξής:

- Εντολές επεξεργασίας Byte
- Εντολές επεξεργασίας bit
- Εντολές άλματος (αλλαγής ροής προγράμματος)
- Λοιπές εντολές

2.6 Κατηγορίες μικροελεγκτών PIC

Ο μικροελεγκτής PIC κατασκευάζεται από την εταιρεία Microchip. Περιλαμβάνει τις τρεις βασικές κατηγορίες ως προς το εύρος του δίαυλου δεδομένων (Data Bus):

- 8 bit σειρές (PIC10, PIC12, PIC16, PIC18)
- 16 bit σειρές (PIC24, dsPIC)
- 32 bit σειρά (PIC32)

Διαθέτουν επεξεργαστή αρχιτεκτονικής RISC. Υπάρχουν μικροελεγκτές με πληθώρα περιφερειακών όπως τα παρακάτω:

Timers, EEPROM, ADC, DAC, SPI, USART, PSP, PMP, Capture/Compare/PWM (CCP), Comparators, CTMU, RTC, DMA, Peripheral Pin Select (PPS), CRC, USB, CAN, Ethernet.

Τα περιφερειακά αυτά από οικογένεια σε οικογένεια παρουσιάζουν διαφορές ως προς τις δυνατότητες άρα και ως προς την πολυπλοκότητά τους.

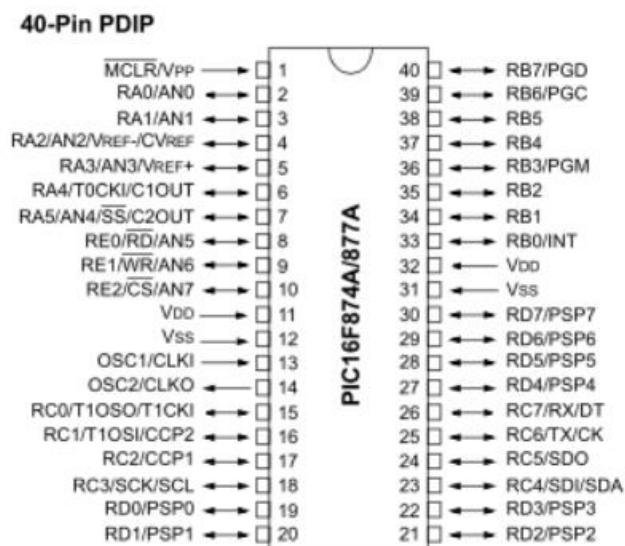
ΚΕΦΑΛΑΙΟ

3

Ο ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ PIC 16F877A

3.1 Γενικά Χαρακτηριστικά

Όπως αναφέρθηκε ήδη, ο εγκέφαλος της όλης εργασίας αποτελείται από τον PIC16F877A. Ο PIC16F877A είναι ένας 8 – bit RISC μικροελεγκτής γενικού σκοπού με flash μνήμη 8K λέξεων, 256 byte EEPROM, 5 I/O ports, δυνατότητα σύνδεσης εξωτερικού κρυστάλλου έως 20MHz, 2 συγκριτές τάσης, μια USART, δυνατότητα για spi/i2c επικοινωνία, τάση τροφοδοσίας έως 5.5V, 8 DAC των 10 bit, 3 Timers(1x16 bit, 2x8 bit) και δυνατότητα εξωτερικών interrupt. Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε χρήση του 40 – pin DIP (Dual Inline Package) πακέτου με εξωτερικό κρύσταλλο στα 8MHz και τάση τροφοδοσίας στα 5V. Η χρήση του έγινε όχι μόνο λόγω του χαμηλού κόστους και της πληθώρας των περιφερειακών του, αλλά επίσης για τον λόγο ότι η μνήμη που είναι διαθέσιμη είναι αρκετή όχι μόνο για την ανάπτυξη του απαιτούμενου firmware, αλλά και για περαιτέρω βελτιώσεις και προσθήκες. Τα χαρακτηριστικά του μικροελεγκτή παρατίθενται παρακάτω.

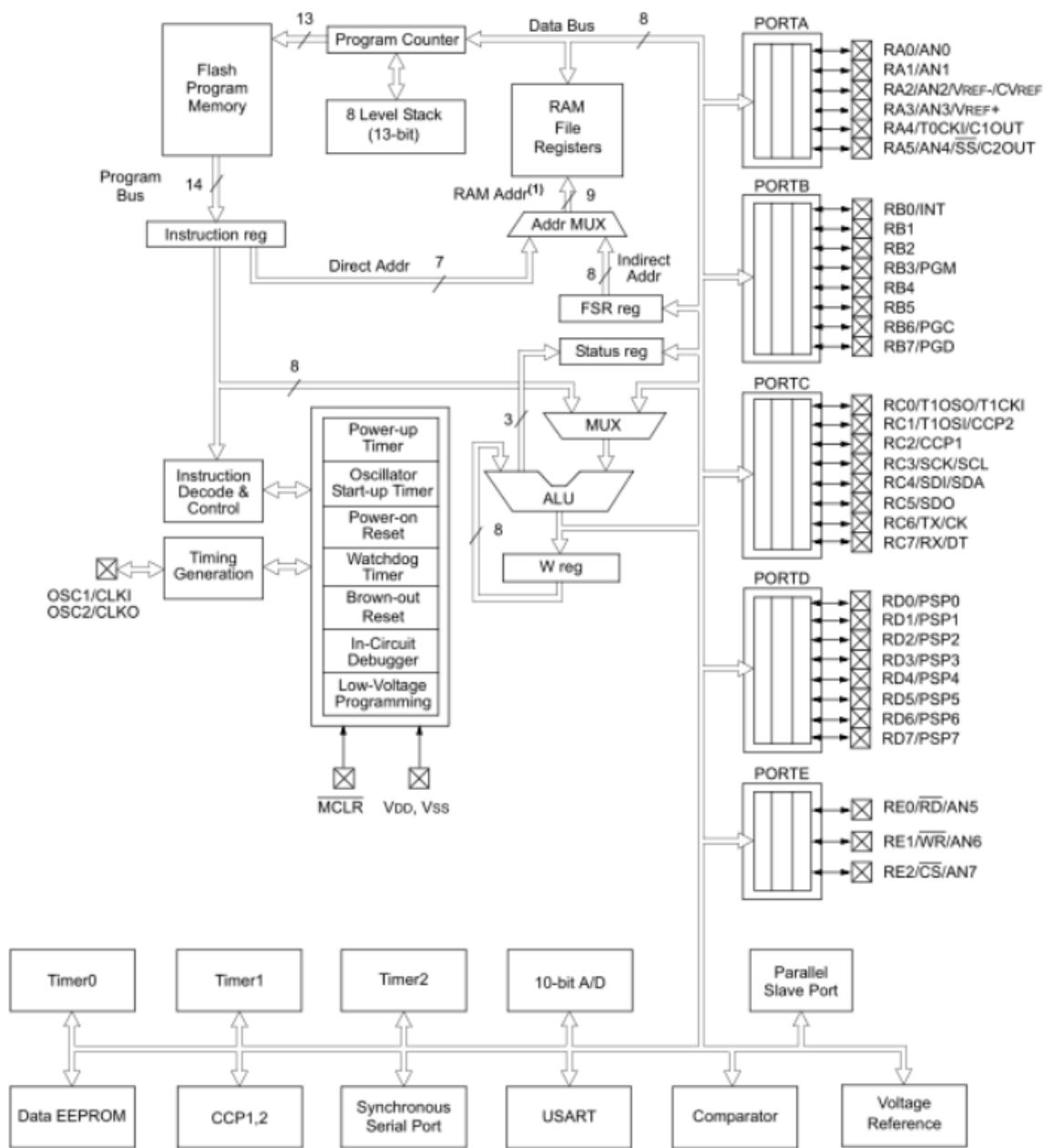


Σχήμα 3 - Pin layout του PIC16F877A

[2]

Πίνακας με τα Τεχνικά χαρακτηριστικά του μικροελεγκτή

Key Features	PIC16F877A
Operating Frequency	DC – 20 MHz
Resets (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)
Flash Program Memory (14-bit words)	8K
Data Memory (bytes)	368
EEPROM Data Memory (bytes)	256
Interrupts	15
I/O Ports	Ports A, B, C, D, E
Timers	3
Capture/Compare/PWM modules	2
Serial Communications	MSSP, USART
Parallel Communications	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	8 input channels
Analog Comparators	2
Instruction Set	35 Instructions
Packages	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN



Σχήμα 4 - Διάγραμμα Βαθμίδων του PIC 16F877A

[2]

Pin Name	PDIP Pin#	PLCC Pin#	TQFP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKI OSC1 CLKI	13	14	30	32	I I	ST/CMOS ⁽⁴⁾	Oscillator crystal or external clock input. Oscillator crystal input or external clock source input. ST buffer when configured in RC mode; otherwise CMOS. External clock source input. Always associated with pin function OSC1 (see OSC1/CLKI, OSC2/CLKO pins).
OSC2/CLKO OSC2 CLKO	14	15	31	33	O O	—	Oscillator crystal or clock output. Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in Crystal Oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKO, which has 1/4 the frequency of OSC1 and denotes the instruction cycle rate.
MCLR/VPP MCLR VPP	1	2	18	18	I P	ST	Master Clear (input) or programming voltage (output). Master Clear (Reset) input. This pin is an active low Reset to the device. Programming voltage input.
RA0/AN0 RA0 AN0 RA1/AN1 RA1 AN1 RA2/AN2/VREF-/CVREF RA2 AN2 VREF- CVREF RA3/AN3/VREF+ RA3 AN3 VREF+ RA4/T0CKI/C1OUT RA4 T0CKI C1OUT RA5/AN4/SS-/C2OUT RA5 AN4 SS C2OUT	2 3 4 5 6 7	3 4 5 6 7 8	19 20 21 22 23 24	19 20 21 22 23 24	I/O I I/O I I/O I I O I/O I I O I/O I I O	TTL TTL TTL TTL ST TTL	PORTA is a bidirectional I/O port. Digital I/O. Analog input 0. Digital I/O. Analog input 1. Digital I/O. Analog input 2. A/D reference voltage (Low) input. Comparator VREF output. Digital I/O. Analog input 3. A/D reference voltage (High) input. Digital I/O – Open-drain when configured as output. Timer0 external clock input. Comparator 1 output. Digital I/O. Analog input 4. SPI slave select input. Comparator 2 output.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

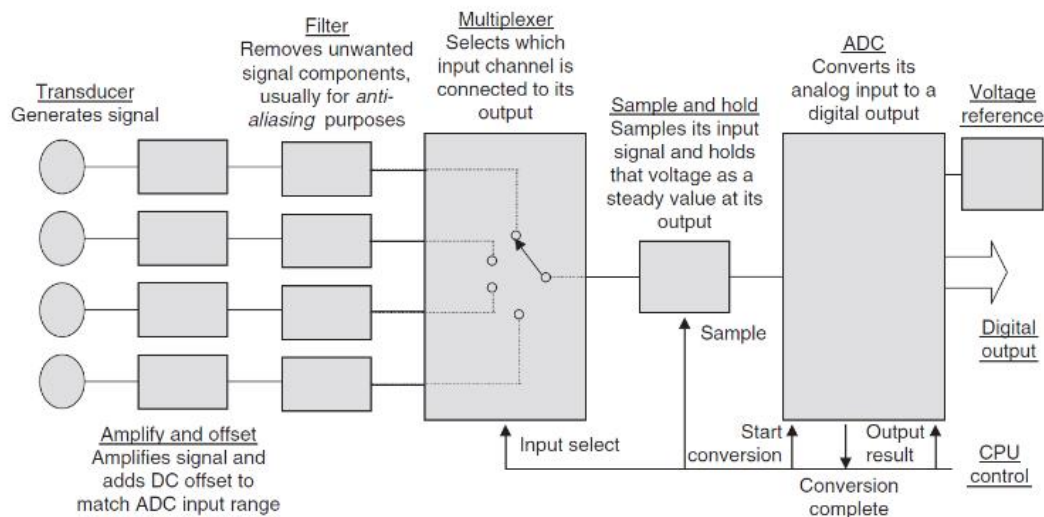
Σχήμα 5 - Επεξήγηση των ακροδεκτών του PIC16F877A

[2]

3.2 Μετατροπή αναλογικού σήματος σε ψηφιακό

Στο σχήμα 3.7 φαίνεται ένα τυπικό σύστημα συλλογής δεδομένων (data acquisition). Αποτελείται από τους αισθητήρες, που μετατρέπουν τη φυσική ποσότητα που μετράται σε αναλογικό ηλεκτρικό σήμα, τα κυκλώματα ρύθμισης (signal conditioning), που ενισχύουν και φιλτράρουν το σήμα, και τέλος το σύστημα μετατροπής του αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (ADC – analog to digital converter).

Το τελευταίο αυτό μέρος περιλαμβάνει συνήθως 1. έναν πολυπλέκτη, που επιλέγει το σήμα που θα υποστεί τη μετατροπή, 2. ένα κύκλωμα δειγματοληψίας και συγκράτησης (sample and hold) το οποίο λαμβάνει ένα στιγμιαίο δείγμα της αναλογικής τάσης και με τη βοήθεια ενός πυκνωτή συγκρατεί την τιμή του όσο χρειάζεται προκειμένου να γίνει η μετατροπή του δείγματος σε δυαδικό κώδικα και τέλος 3. ένα κύκλωμα που παράγει ένα δυαδικό κώδικα με n bits, που η δεκαδική στάθμη του είναι ανάλογη με την αρχική αναλογική τιμή. Δηλαδή, όσο μεγαλύτερη η αναλογική τάση του σήματος εισόδου, τόσο υψηλότερη είναι η κβαντική στάθμη του δυαδικού κώδικα που παράγεται στην έξοδο. Ένας ADC με n bits υποστηρίζει στάθμες από 0 μέχρι $2^n - 1$.



Σχήμα 8 - Ένα τυπικό σύστημα συλλογής δεδομένων

[10]

Ένας ADC λαμβάνει μια τάση αναφοράς (Voltage reference - Vref) η οποία ρυθμίζει ποια αναλογική τάση εισόδου θα αντιστοιχίζεται στην πρώτη, τη δεύτερη, μέχρι και τη μέγιστη ψηφιακή κβαντική στάθμη. Για παράδειγμα, ένας μετατροπέας 10-bit, θα υποστηρίζει συνολικά 1024 κβαντικές στάθμες. Όταν η στάθμη αναφοράς Vref είναι 5V, τότε η τάση αυτή μοιράζεται σε όλες τις διαθέσιμες κβαντικές στάθμες, οπότε από τη μια στάθμη στην επόμενη αντιστοιχεί ένα μικρό βήμα αναλογικής τάσης Vstep, ως εξής:

$$V_{\text{step}} = V_{\text{ref}} / 1024 = 5V / 1024 = 4.89\text{mV}$$

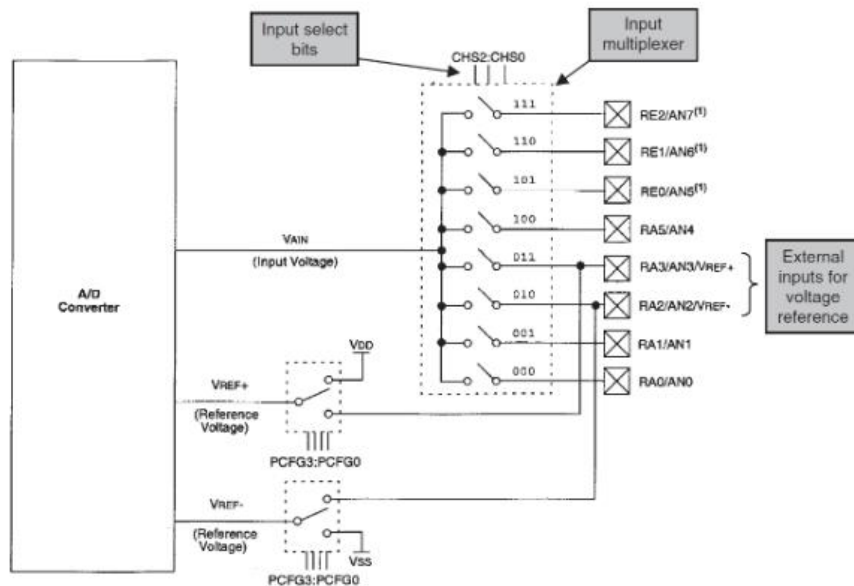
Αν η αναλογική τάση της εισόδου είναι V_{an}, τότε η κβαντική στάθμη που αντιστοιχεί είναι :

$$\text{Κβαντική Στάθμη} = V_{\text{an}} / V_{\text{step}}$$

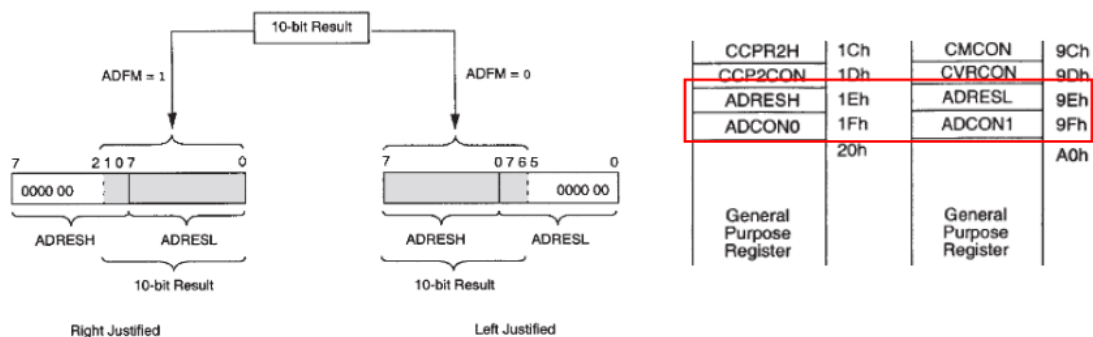
Έτσι, ο μετατροπέας αντιστοιχίζει κάθε αναλογική τάση της εισόδου του σε κβαντικές στάθμες.

3.3 Κύκλωμα ADC στον μικροελεγκτή PIC16F877A

Το σχήμα 9 παρουσιάζει το κύκλωμα μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό στους μικροελεγκτές της Microchip. Ένας αριθμός ακροδεκτών εισόδου προορίζεται να λάβει είσοδο αναλογικού σήματος. Για να λειτουργήσουν αυτοί οι ακροδέκτες ως αναλογικές εισοδοί θα πρέπει να γίνει η κατάλληλη επιλογή, μέσω ενός καταχωρητή που ρυθμίζει τη λειτουργία του ADC. Στην είσοδο υπάρχει το κύκλωμα πολυπλεξίας που επιλέγει ένα αναλογικό σήμα εισόδου. Η επιλογή του καναλιού εισόδου που μετατρέπεται κάθε φορά, γίνεται πάλι με τη βοήθεια ειδικού καταχωρητή (input select 6. Μετατροπή αναλογικού σήματος σε ψηφιακό 50bits). Η τάση αναφοράς τίθεται αυτόματα στα 5V που είναι η τάση τροφοδοσίας, αλλά μπορεί και να ρυθμιστεί. Ο μετατροπέας του ADC του PIC16F877A έχει ανάλυση 10bit. Αυτό σημαίνει ότι υποστηρίζει 1024 κβαντικές στάθμες. Όταν ολοκληρώνεται μια μετατροπή, το αποτέλεσμα τοποθετείται σε δύο καταχωρητές, τους ADRESH και ADRESL. Το αποτέλεσμα μπορεί να τοποθετηθεί με δεξιά ή αριστερή στοίχιση, όπως φαίνεται στο σχήμα 10, ανάλογα με τις ρυθμίσεις που θα γίνουν στον καταχωρητή ADCON.



Σχήμα 9 - Κύκλωμα ADC σε μικροελεγκτή PIC
[10]

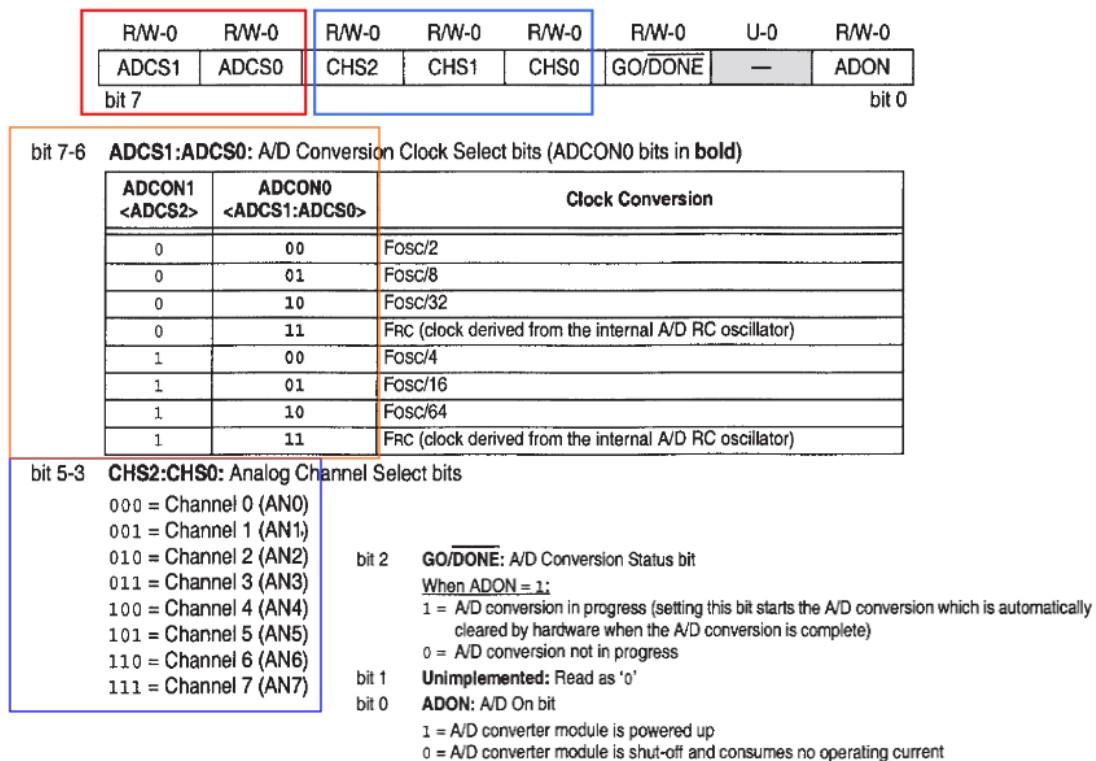


Σχήμα 10 - Καταχώρηση αποτελέσματος μετατροπής στους καταχωρητές ADRESH και ADRESL, με δεξιά και αριστερή στοίχιση. Δεξιά στο σχήμα, φαίνονται οι βασικοί καταχωρητές που σχετίζονται με τον ADC

[10]

3.4 Οι βασικοί καταχωρητές του μετατροπέα ADC

Όπως όλα τα περιφερειακά του PIC, έτσι και ο ADC ρυθμίζεται ώστε να επιτελεί τις επιθυμητές λειτουργίες, με τη βοήθεια ορισμένων καταχωρητών ειδικού σκοπού. Οι βασικοί καταχωρητές είναι ο ADCON0 και ADCON1. Όπως αναφέρθηκε, οι καταχωρητές ADRESL και ADRESH αποθηκεύουν το αποτέλεσμα της μετατροπής. Με αριστερή στοίχιση, ο ADRESH αποθηκεύει τα 8 πιο σημαντικά bits της μετατροπής, άρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί αν επιθυμούμε να απλουστεύσουμε τον μετατροπέα και να τον χρησιμοποιήσουμε σαν να είχε ανάλυση 8-bits. Όλες τις λεπτομέρειες για τις λειτουργίες που ρυθμίζουν τα διάφορα bits των καταχωρητών, ο ενδιαφερόμενος χρήστης μπορεί να τις βρει στα εγχειρίδια χρήσης του μικροελεγκτή που δημοσιεύονται διαδικτυακά από την εταιρία Microchip. Οι απαραίτητες ρυθμίσεις περιγράφονται συνοπτικά παρακάτω.



Σχήμα 11 - Ο καταχωρητής ADCON0 και οι λειτουργίες που επιτελούν τα bits που αυτός διαθέτει.

[10]

Επιλογή συχνότητας ρολογιού ADC: Ο μετατροπέας χρονίζεται με τη βοήθεια γεννήτριας παλμών, που λαμβάνεται με υποδιαίρεση της συχνότητας του εξωτερικού κρυστάλλου. Η υποδιαίρεση ρυθμίζεται με τα bits ADCS2, ADCS1, ADCS0, από τα οποία τα δύο λιγότερα σημαντικά ανήκουν στον καταχωρητή ADCON0, ενώ το πιο σημαντικό (ADCS2) ανήκει στον ADCON1 (βλέπε σχήματα 6.4 και 6.5). Μια κατάλληλη υποδιαίρεση για το ρολόι του μετατροπέα είναι $F_{osc}/16$, που αντιστοιχεί σε bits επιλογής 101.

Τα bits CHS2:CHS0 του ADCON0 επιλέγουν κανάλι εισόδου, μέσω του πολυπλέκτη εισόδου. Έτσι, για να γίνει η μετατροπή του καναλιού Ch0 (RA0) αυτά πρέπει να λάβουν την τιμή 000.

Ο καταχωρητής ADCON1 διαθέτει τέσσερα bits PCFG3:PCFG0 που ρυθμίζουν τη διαμόρφωση των εισόδων AN0 έως AN7, δηλαδή ποιες θα λειτουργούν ως αναλογικές και ποιες ως ψηφιακές. Επίσης, κάποιες μπορούν να διαμορφωθούν ώστε να δεχτούν είσοδο αναφοράς.

Το bit ADFM του καταχωρητή ADCON1 ρυθμίζει τη στοίχιση της λέξης 10-bit που παράγει ο ADC. Συνιστάται αριστερή στοίχιση (ADFM=0).

R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	ADCS2	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
bit 7							bit 0

bit 7 **ADFM**: A/D Result Format Select bit

1 = Right justified. Six (6) Most Significant bits of ADRESH are read as '0'.
0 = Left justified. Six (6) Least Significant bits of ADRESL are read as '0'.

bit 6 **ADCS2**: A/D Conversion Clock Select bit (ADCON1 bits in shaded area and in **bold**)

bit 3-0 **PCFG3:PCFG0**: A/D Port Configuration Control bits

PCFG <3:0>	AN7	AN6	AN5	AN4	AN3	AN2	AN1	AN0	VREF+	VREF-	C/R
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	8/0
0001	A	A	A	A	VREF+	A	A	A	AN3	VSS	7/1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	VDD	VSS	5/0
0011	D	D	D	A	VREF+	A	A	A	AN3	VSS	4/1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	VDD	VSS	3/0
0101	D	D	D	D	VREF+	D	A	A	AN3	VSS	2/1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	—	—	0/0
1000	A	A	A	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	6/2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	6/0
1010	D	D	A	A	VREF+	A	A	A	AN3	VSS	5/1
1011	D	D	A	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	4/2
1100	D	D	D	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	3/2
1101	D	D	D	D	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	2/2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	VDD	VSS	1/0
1111	D	D	D	D	VREF+	VREF-	D	A	AN3	AN2	1/2

A = Analog input D = Digital I/O

Σχήμα 12 - Ο καταχωρητής ADCON1 και οι λειτουργίες που επιτελούν τα bits που αυτός διαθέτει.

[10]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

4

ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

4.1 Σύντομη περιγραφή του συστήματος

Το βολτόμετρο (Αγγλ. *Voltmeter*) είναι ένα όργανο που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της διαφοράς δυναμικού (ηλεκτρικής τάσης) μεταξύ δύο σημείων ενός ηλεκτρικού κυκλώματος. Το βολτόμετρο λειτουργεί με βάση τα μαγνητικά ή τα θερμικά αποτελέσματα του ηλεκτρικού ρεύματος. Αποτελείται από δύο ακροδέκτες Κ και Λ, οι οποίοι συνδέονται με τα σημεία του κυκλώματος μεταξύ των οποίων θέλουμε να μετρήσουμε τη διαφορά δυναμικού. Τα βολτόμετρα συνδέονται πάντα παράλληλα (σε διακλάδωση) σε ένα κύκλωμα και για τον λόγο αυτό έχουν μεγάλη εσωτερική αντίσταση σε σχέση με τα άλλα στοιχεία του κυκλώματος, ώστε να μην επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά του.

Ιδανικό ονομάζεται το βολτόμετρο το οποίο έχει άπειρη εσωτερική αντίσταση και η σύνδεσή του δεν επηρεάζει καθόλου το κύκλωμα.

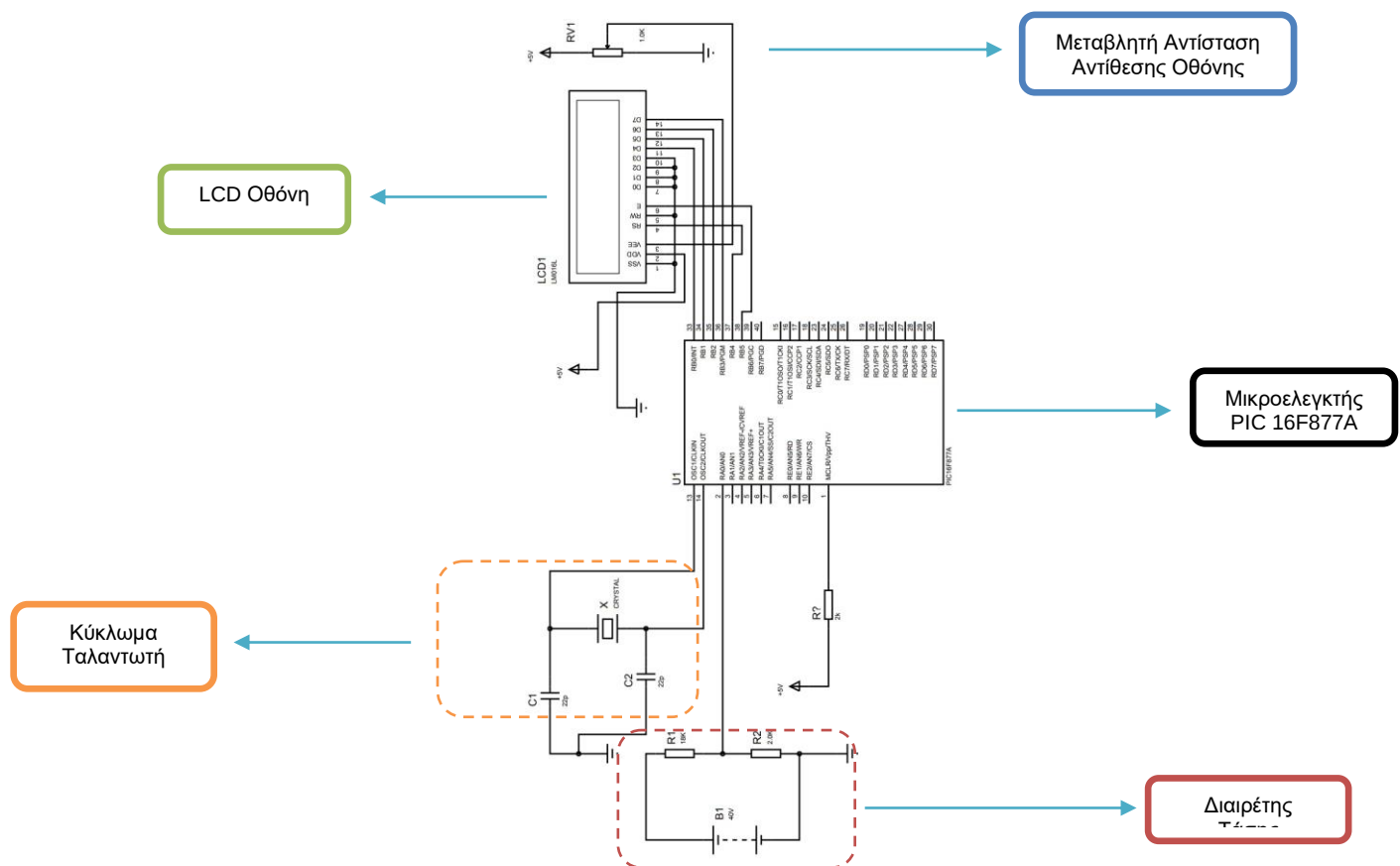
Υπάρχουν αναλογικά (ηλεκτρομηχανικά) βολτόμετρα κινητού πηνίου (D'Arsonval) και ψηφιακά βολτόμετρα. Ειδικός τύπος είναι τα ηλεκτροστατικά βολτόμετρα για υψηλές τάσεις.

Σε κυκλώματα εναλλασσομένου ρεύματος μέσης και υψηλής τάσεως τα βολτόμετρα συνδέονται μέσω μετασχηματιστή τάσεως.

Το σύστημα που έχει κατασκευαστεί είναι ένα ψηφιακό βολτόμετρο με την χρήση ενός μικροελεγκτή PIC. Ο μικροελεγκτής PIC αναλαμβάνει την διαδικασία μετατροπής του αναλογικού σε ψηφιακό καθώς και την εμφάνιση των δεδομένων στην οθόνη LCD μέσω του προγράμματος που έχει γραφτεί σε mikroC Code. Τα βήματα που υλοποιήθηκαν ήταν τα παρακάτω:

- Σχεδιασμός Circuit Diagram (Πλακέτας) και τα υλικά που πρέπει να χρησιμοποιήσουμε. Υλοποίηση αρχικά σε Breadboard για τυχόν αλλαγές
- Επιλογή Γλώσσας Προγραμματισμού.
- Επιλογή Compiler / Μεταγλωττιστή από την γλώσσα υψηλού επιπέδου σε .hex.
- Simulation / Εξομοίωση της πλακέτας με το πρόγραμμα που φτιάξαμε σε PIC Simulator Program (Proteus)
- Χρήση Programmer για τον προγραμματισμό της πλακέτας.
- Test της πλακέτας σε πραγματικές συνθήκες.

4.2 Circuit diagram



Σχήμα 13 - Κύκλωμα βολτόμετρου

Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν:

- 1x LCD Οθόνη
- 1x PIC 16F877A Μικροελεγκτής
- 1X LM7805 Ολοκληρωμένο κύκλωμα
- 1X1KΩ Μεταβλητή Αντίσταση
- 2x22pF Πυκνωτής
- 1X8MHz Κρύσταλλος
- 1X 2KΩ Αντίσταση
- 1x 18KΩ Αντίσταση
- 1x ON/OFF Κουμπί
- 2x 9V Μπαταρία

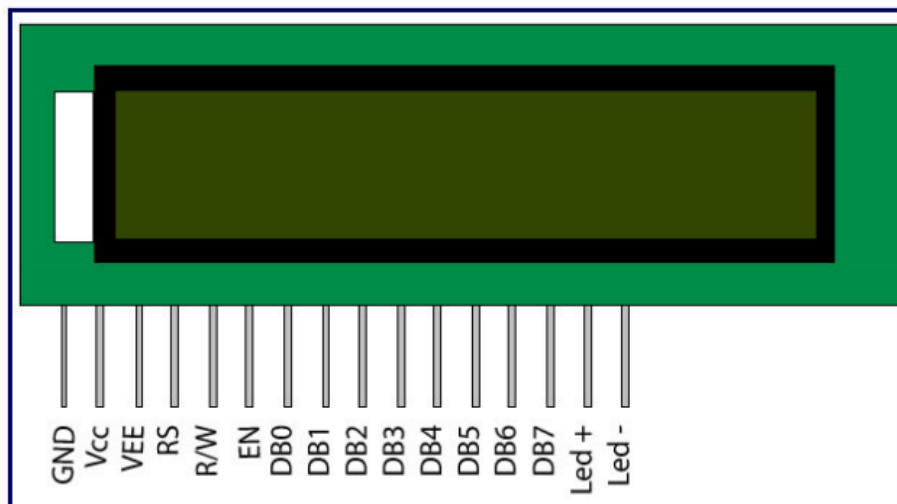
Συνολικό Κόστος: 13,35€

4.2.1 LCD ΟΘΟΝΗ

Χρησιμοποιήθηκε μια οθόνη LCD (τύπου Hitachi HD44780) 16 χαρακτήρων και 2 γραμμών με πράσινο φόντο και μαύρους χαρακτήρες. Ο σκοπός της χρησιμοποίησης αυτής της οθόνης είναι η αποτύπωση των αποτελεσμάτων του βολτόμετρου, έτσι ώστε ο χρήστης να έχει τη δυνατότητα να βλέπει τις μετρήσεις χωρίς την χρήση υπολογιστή. Λειτουργεί με 5V και μπορεί να ρυθμιστεί το contrast. Χαρακτηριστικά:

- Module Size(W×H×T): 80.0×36.0×12.0mm
- Viewing Area(W×H): 64.5×14.0mm
- Character Size(W×H): 3.00×5.02mm
- Dot Size(W×H): 0.52×0.54mm

Παρακάτω παρουσιάζουμε την οθόνη:



Σχήμα 14 - Οθόνη LCD

Η παράλληλη συνδεσμολογία διαθέτει τους παρακάτω ακροδέκτες:

- Πηγή/Τροφοδοσία (V_{ss}/V_{cc})
- Ρύθμιση αντίθεσης (V_{EE})
- Register Select (RS)
- Read/Write (R/W)
- Enable pin (EN)
- Ακροδέκτες δεδομένων (DB0 -DB7)
- Φωτισμός (Led+ και Led-)

4.2.2 LM 7805 Ισοσταθμιστής Τάσης

Χρησιμοποιήθηκε το παραπάνω ολοκληρωμένο κύκλωμα το οποίο έχει την δυνατότητα να αποδίδει σταθερά 5V DC τάση δίνοντας του από 5 – 35V DC.

REGULATOR

FEATURES

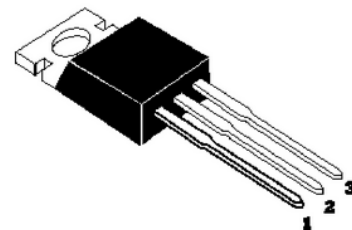
- *Output current In Excess Of 1A
- *Fixed output voltage of 5V available
- *Thermal overload shutdown protection
- *Short circuit current limiting
- *Output transistor SOA protection

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

(Operating temperature range applies unless otherwise specified)

Characteristic	Symbol	Rating	Unit
Input voltage	V_I	35	V
Output Current	I_O	1.5	A
Power Dissipation	P_D	Internally Limited	mW
Operating Junction Temperature Range	T_{OPR}	-20~150	$^{\circ}C$
Storage Temperature Range	T_{STG}	-55~150	$^{\circ}C$

Package: TO-220



PIN:	1	2	3
STYLE			
NO.1	I	G	O

ELECTRICAL CHARACTERISTICS at $T_{amb}=25^{\circ}C$

($V_I=10V, I_O=0.5A, 0^{\circ}C < T_I < 125^{\circ}C, C_I=0.33\mu F, C_O=0.1\mu F$, unless otherwise specified)(Note 1)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit	Test Conditions
Output Voltage	V_O	4.8	5	5.2	V	$T_I=25^{\circ}C$
Output Voltage	V_O	4.75		5.25	V	$8V \leq V_I \leq 20V, I_O=5mA-1.0A$ $PD < 15W$

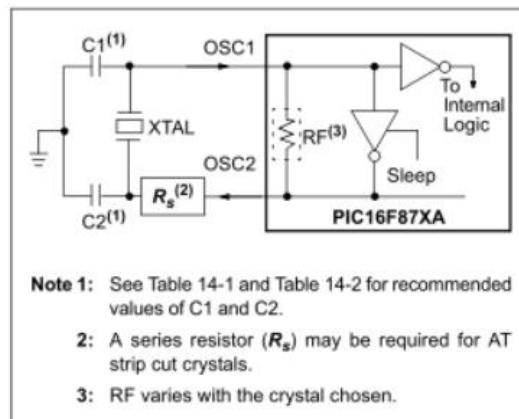
Σχήμα 15 - LM 7805

4.2.3 Επιλογή κρυστάλλου

Ο PIC 16F877A έχει 4 τρόπους λειτουργίας ταλαντωτή

- LP Low Power Crystal
- XT Crystal/Resonator
- HS High-Speed Crystal/Resonator
- RC Resistor/Capacitor

Λόγω του ότι χρησιμοποιείται ένας κρύσταλλος των 8MHz, ο τρόπος λειτουργίας θα είναι ο HS και η συνδεσμολογία φαίνεται στην εικόνα 3.5. Οι πυκνωτές C1,C2 που χρησιμοποιήθηκαν είχαν τιμή 18pF σύμφωνα με τον πίνακα 3.6.



Σχήμα 16 - Συνδεσμολογία Ταλαντωτή

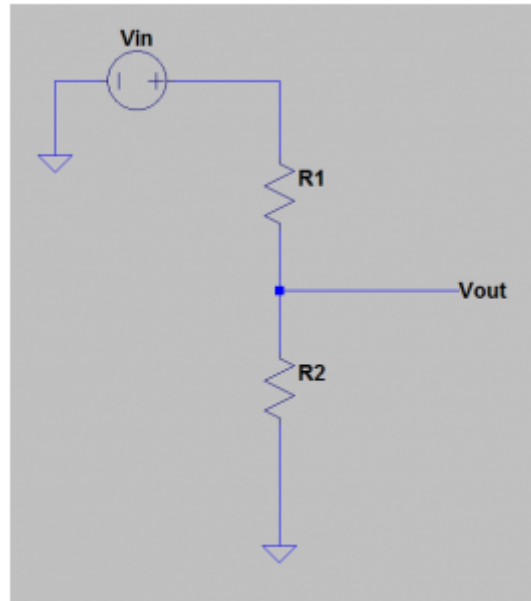
Πίνακας Επιλογής Πυκνωτών.

Osc Type	Crystal Freq.	Cap. Range C1	Cap. Range C2
LP	32 kHz	33 pF	33 pF
	200 kHz	15 pF	15 pF
XT	200 kHz	47-68 pF	47-68 pF
	1 MHz	15 pF	15 pF
	4 MHz	15 pF	15 pF
HS	4 MHz	15 pF	15 pF
	8 MHz	15-33 pF	15-33 pF
	20 MHz	15-33 pF	15-33 pF

4.2.4 Διαιρέτης Τάσης

Ο διαιρέτης τάσης (voltage divider) είναι ένα από τα πιο θεμελιώδη ηλεκτρικά/ηλεκτρονικά κυκλώματα και έχει αμέτρητες εφαρμογές. Είναι απολύτως απαραίτητο να γνωρίζει κάποιος πολύ καλά τη λειτουργία του, τον μαθηματικό τύπο που τον διέπει, καθώς και να τον αναγνωρίζει όταν τον βλέπει σε ένα κύκλωμα.

Το κύκλωμα αποτελείται από δύο αντιστάσεις R1 και R2 και μπορεί να μας δώσει μια τάση εξόδου Vout η οποία είναι ένα κλάσμα της τάσης εισόδου Vin . Πιο συγκεκριμένα, η τάση εξόδου μπορεί (ανάλογα με τις τιμές των αντιστάσεων που έχουμε επιλέξει) να πάρει τιμές 0 από έως Vin . Δεν μπορεί δηλαδή να είναι μεγαλύτερη από την τάση εισόδου.



Σχήμα 17 - Κύκλωμα διαιρέτη Τάσης
[15]

Ο μαθηματικός τύπος που δίνει την τάση εξόδου συναρτήσει της τάσης εισόδου είναι:

$$V_{out} = V_{in} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

[15]

Μερικές ενδιαφέρουσες παρατηρήσεις:

- Η τάση εξόδου μπορεί να είναι μέχρι ίση αλλά όχι μεγαλύτερη από την εισόδου.
- Για την τάση εξόδου δεν έχει σημασία η απόλυτη τιμή των αντιστάσεων αλλά η αναλογία τους. Δηλαδή τα ζεύγη αντιστάσεων $R_1=2,4\text{K}\Omega, R_2=4,8\text{K}\Omega$, βγάζουν την ίδια τάση με $R_1=240\Omega$ και $R_2=480\Omega$ ή $R_1=10\Omega$ και $R_2=20\Omega$. Και στις τρεις περιπτώσεις η R_2 είναι διπλάσια της R_1 .
- Αν οι δύο αντιστάσεις έχουν ίδια τιμή τότε η είναι ακριβώς η μισή της
- Όσο η R_1 τείνει προς το μηδέν τότε V_{out} τείνει προς V_{in}
- Όσο η R_2 τείνει προς το μηδέν τότε V_{out} τείνει προς 0
- Από τα παραπάνω προκύπτει ότι όταν θέλουμε την τάση εξόδου να είναι πάνω από το μισό της τάσης εισόδου, πρέπει η R_1 να είναι μικρότερη της R_2 . Το αντίστροφο αν θέλουμε η τάση εξόδου να είναι κάτω από το μισό της εισόδου.
- Το κύκλωμα διαρρέεται συνεχώς από ρεύμα που δίνεται από τον τύπο

$$I = \frac{V_{in}}{R_1 + R_2}.$$

. Οπότε επιλέγουμε αντιστάσεις μεγάλης τιμής ώστε να περιορίσουμε το ρεύμα.

Στο δικό μας κύκλωμα χρησιμοποιήσαμε διαιρέτη τάσης με αντιστάσεις $R_1=18\text{K}\Omega$ και $R_2=2\text{K}\Omega$. Στην προκειμένη περίπτωση θέλουμε η τάση εξόδου να είναι κάτω από το μισό της εισόδου.

Η ύπαρξη του διαιρέτη τάσεως είναι απαραίτητη όταν έχουμε να μετρήσουμε τάσεις πάνω από 5V για τον εξής λόγο, εάν πάει τάση μεγαλύτερη των 5V στο PIC τότε αυτός καταστρέφεται.

Ισχύει ότι: **$V_{out} = (R_2 / R_1 + R_2) * V_{input}$**
Οπότε **$4V = (R_2 / R_1 + R_2) * 40 \Rightarrow R_1 = 9 * R_2$**

Άρα:

$R_1 = 18\text{K}\Omega$ & $R_2 = 2\text{K}\Omega$

$V_{out} = (2 / 18 + 2) * 40 = 4\text{ volt}$ που σημαίνει ότι μόνο 4 V θα φτάνουν στην ακίδα του μικροελεγκτή για την δειγματοληψία.

4.3 Σχεδίαση και υλοποίηση προγράμματος σε mikroC PRO

Η εταιρεία Mikroelektronika (www.mikroe.com) παρέχει την δυνατότητα ανάπτυξης κώδικα με διάφορες γλώσσες ανωτέρου επιπέδου όπως η C , Pascal και Basic. Έτσι, προσφέρει το προγραμματιστικό περιβάλλον και το μεταγλωτιστή mikroC Pro for PIC που συνδυάζει τις δυνατότητες δομημένου προγραμματισμού της γλώσσας C με τις αναφορές απευθείας στα ονόματα των καταχωρητών και των περιφερειακών, πολλών μικροελεγκτών PIC.

Η εγκατάσταση του ολοκληρωμένου περιβάλλοντος προγραμματισμού (IDE) περιλαμβάνει το συντάκτη, το μεταγλωτιστή, τις εσωτερικές βιβλιοθήκες της γλώσσας προγραμματισμού, τον προσομοιωτή ενώ ενσωματώνει και την πλακέτα προγραμματισμού.

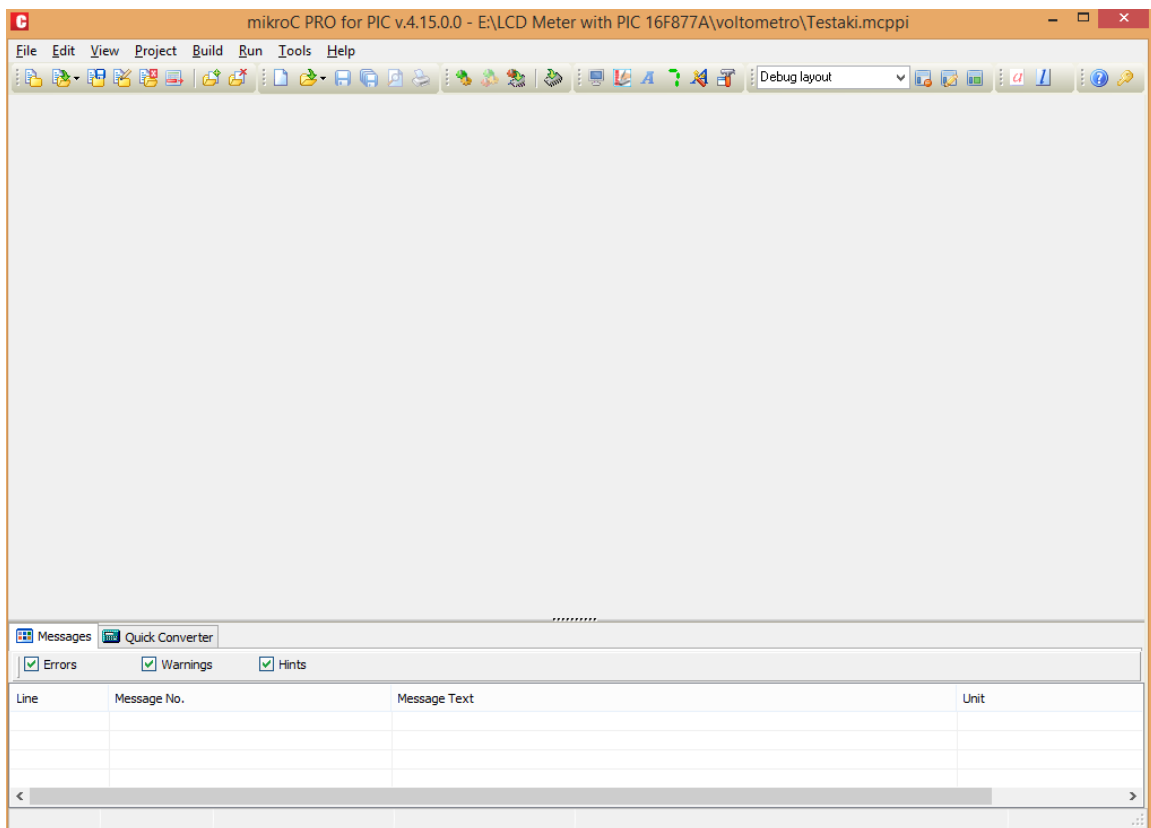
Ο κώδικας σε γλώσσα mikroC περιέχει μεταβλητές, σταθερές, δομές δεδομένων ενώ η ανάπτυξη του γίνεται σύμφωνα με τις αρχές του δομημένου προγραμματισμού. Ακολουθούμε δηλαδή τις γνωστές δομές ακολουθίας, επιλογής και επανάληψης. Το πλεονέκτημα από την χρήση του compiler (συμβολομεταφραστή) της mikroC είναι ότι εκτός από τις μεταβλητές μπορούμε να αποδίδουμε τιμές απευθείας στους καταχωρητές των μικροελεγκτών χρησιμοποιώντας απλά τα ονόματά του.

Η διαδικασία προγραμματισμού του μικροελεγκτή περιλαμβάνει τα παρακάτω τρία βήματα:

- Στο περιβάλλον της mikroC PRO μπορούμε να αναπτύξουμε τον κώδικα σε γλώσσα mikroC,
- Στην συνέχεια με τη συμβολομετάφραση του κώδικα (compile), παίρνουμε το αρχείο .hex και
- Προγραμματίζουμε τον μικροελεγκτή με την πλακέτα και το εργαλείο προγραμματισμού της ίδιας ή μίας άλλης εταιρείας.

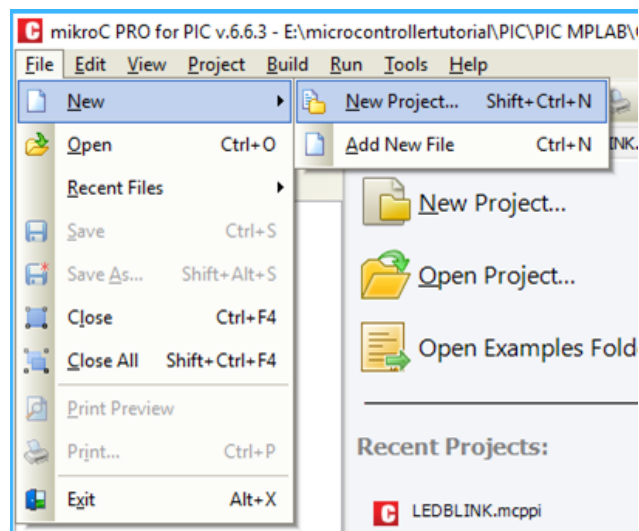
Πιο αναλυτικά περιγράφουμε την πορεία της κατασκευής του προγράμματος στις παρακάτω εικόνες.

Ανοίγουμε το πρόγραμμα mikroC PRO.



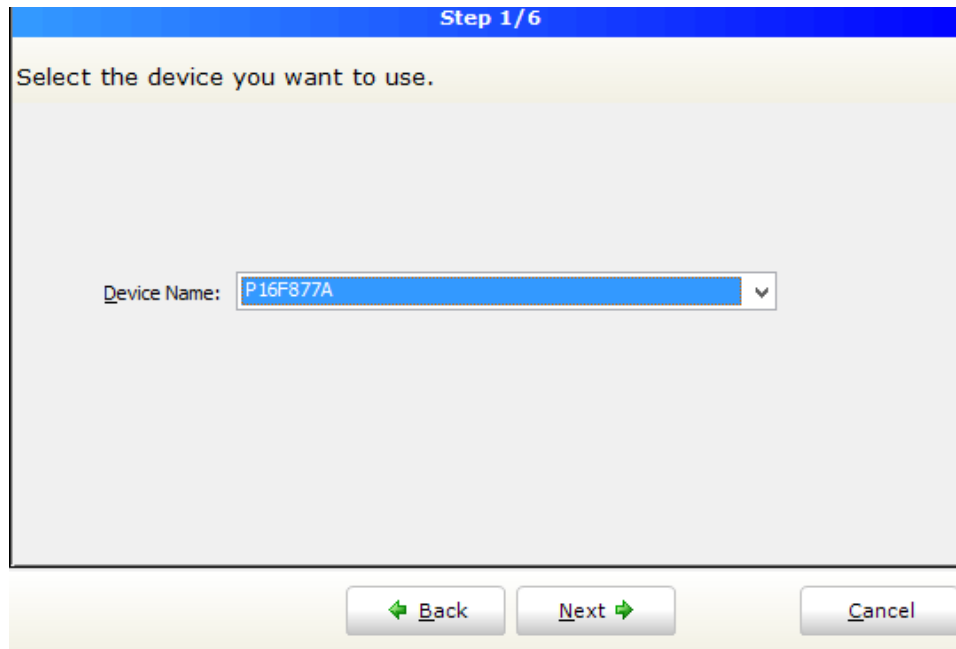
Σχήμα 18 - PIC mikroC PRO

Επιλέγουμε File , New και New Project για να ξεκινήσουμε την διαδικασία υλοποίησης ενός νέου προγράμματος για PIC.



Σχήμα 19 - Δημιουργία νέου project

Επιλέγουμε τον μικροελεγκτή που θα χρησιμοποιήσουμε και πατάμε Next.



Step 1/6

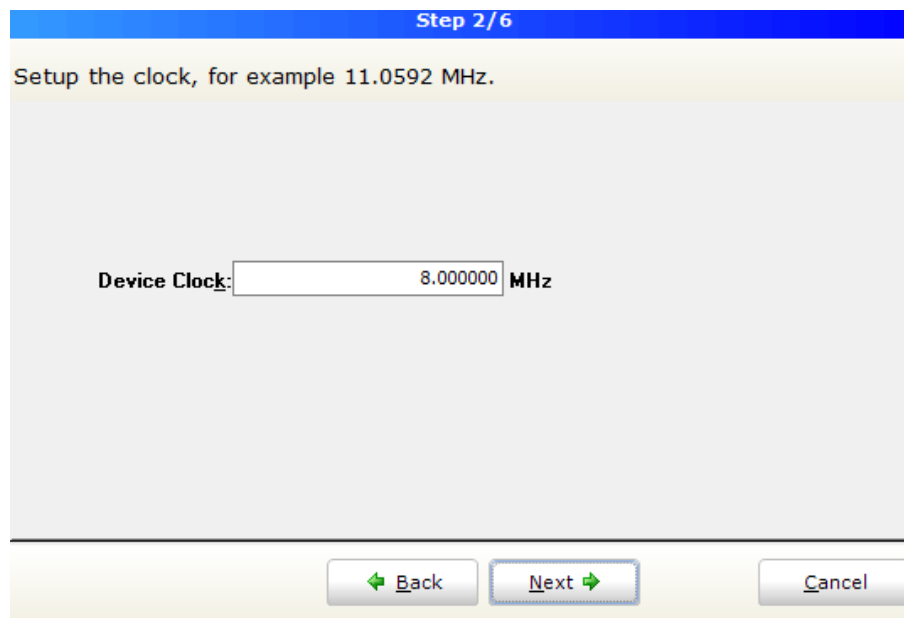
Select the device you want to use.

Device Name: P16F877A

Back Next Cancel

Σχήμα 20 - Επιλογή μικροελεγκτή PIC

Επιλέγουμε πόσα MHz θα είναι ο εξωτερικός κρύσταλλος που έχουμε χρησιμοποιήσει και πατάμε Next. Στην δική μας περίπτωση είναι 8 MHz.



Step 2/6

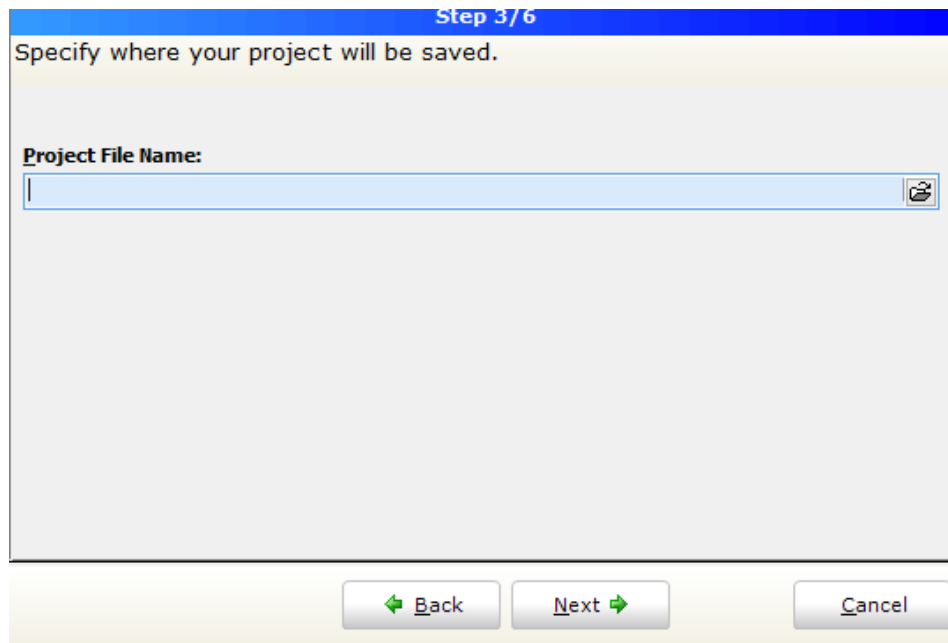
Setup the clock, for example 11.0592 MHz.

Device Clock: 8.000000 MHz

Back Next Cancel

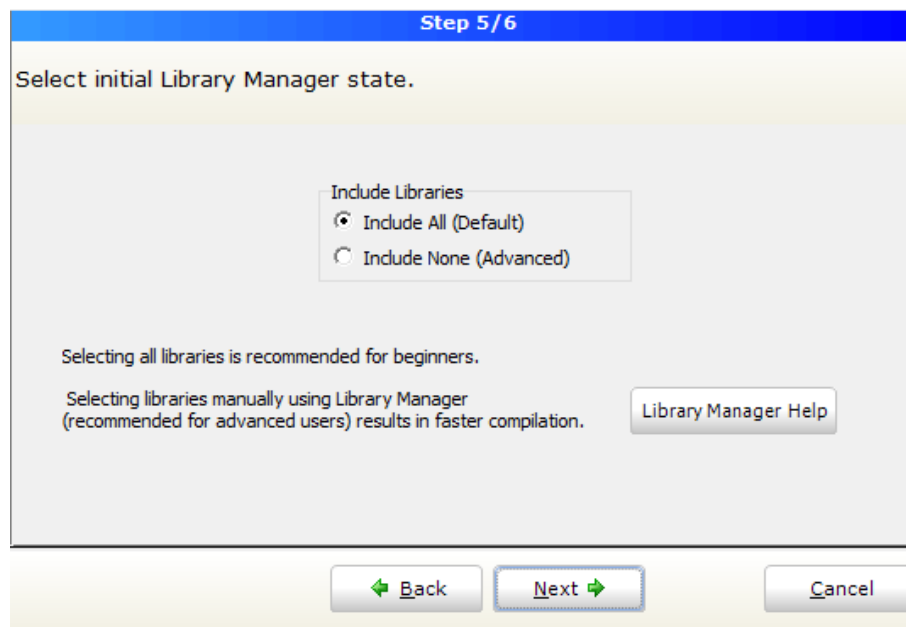
Σχήμα 21 - Επιλογή εξωτερικού κρύσταλλου

Επιλέγουμε σε ποιόν φάκελο θέλουμε να σώσουμε το project και πατάμε Next.



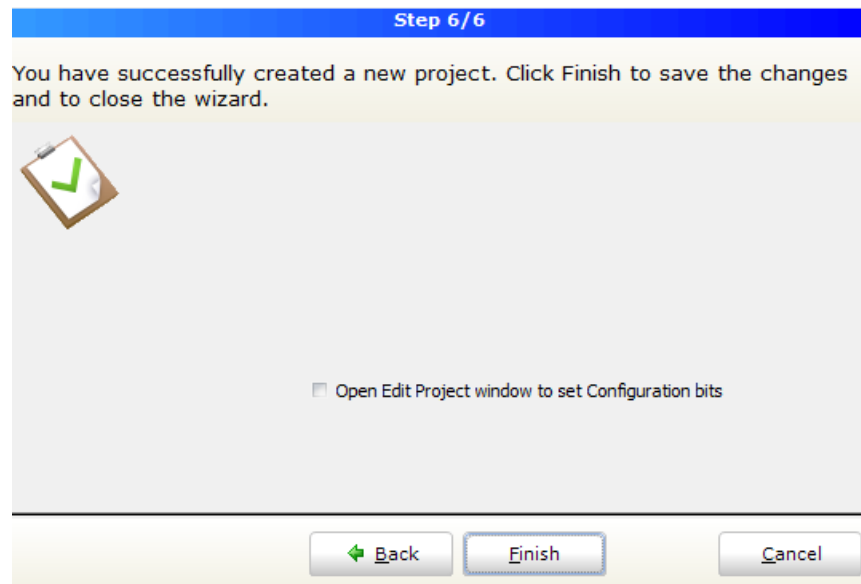
Σχήμα 22 - Επιλογή φακέλου για αποθήκευση του project

Επιλέγουμε τις βιβλιοθήκες που θα καλέσουμε για την σύνταξη του νέου μας προγράμματος και πατάμε Next.



Σχήμα 23 - Επιλογή βιβλιοθηκών

Τέλος, πατάμε Finish για να αρχίσουμε την σύνταξη του προγράμματος.



Σχήμα 24 - Ολοκλήρωση δημιουργίας νέου project

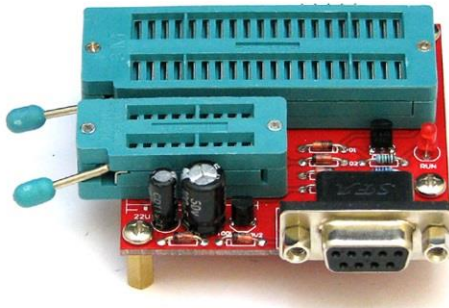
Στην συνέχεια και έχοντας κάνει την σύνταξη του προγράμματος, κάνουμε compile το πρόγραμμα μας στην μορφή όπου και καταλαβαίνει ο μικροελεγκτής(.hex).



Σχήμα 25 - Compile

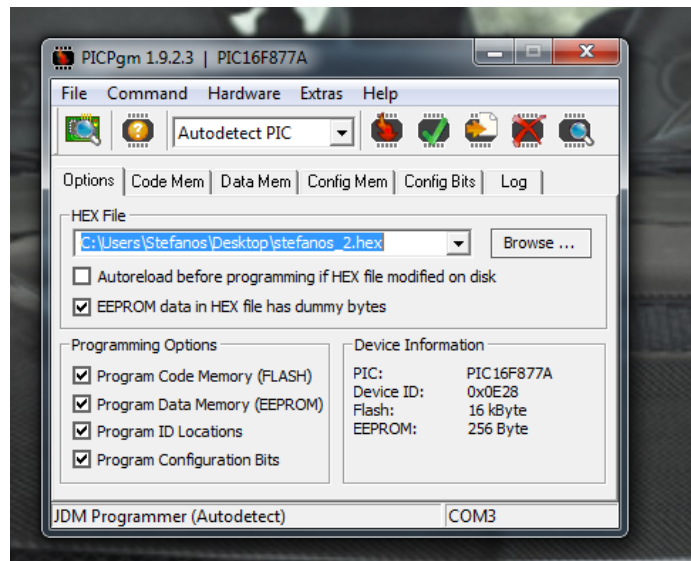
4.4 Προγραμματισμός PIC

Πρώτα από όλα τοποθετούμε τον απρογραμματιστο PIC σε όποιο programmer εμείς επιθυμούμε. Συγκεκριμένα για τις ανάγκες αυτής της εργασίας επιλέχθηκε ένας προγραμματιστής της εταιρείας Olimex όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Σχήμα 26 - PIC JDM Programmer

Περνάμε το πλέον .hex πρόγραμμα μέσα στον PIC μέσω του PIC PGM Programmer, ενός προγράμματος το οποίο επικοινωνεί με την πλακέτα του JDM Programmer, αναγνωρίζει τον μικροελεγκτή που έχουμε συνδέσει και φορτώνει το .hex αρχείο που επιθυμούμε.



Σχήμα 27 - Load .hex

4.6 Ανάλυση Κώδικα Μικροελεγκτή PIC 16F877A

// LCD module connections

```
sbit LCD_RS at RB4_bit;
sbit LCD_EN at RB5_bit;
sbit LCD_D4 at RB0_bit;
sbit LCD_D5 at RB1_bit;
sbit LCD_D6 at RB2_bit;
sbit LCD_D7 at RB3_bit;
sbit LCD_RS_Direction at TRISB4_bit;
sbit LCD_EN_Direction at TRISB5_bit;
sbit LCD_D4_Direction at TRISB0_bit;
sbit LCD_D5_Direction at TRISB1_bit;
sbit LCD_D6_Direction at TRISB2_bit;
sbit LCD_D7_Direction at TRISB3_bit;
```

// End LCD module connections

void main() // κεντρική συνάρτηση προγράμματος

```
{
  unsigned int vp, voltage; // ακέραιες τιμές.
```

char *volt = "0.00"; // το format της τιμής "volt" να είναι της μορφής 0.00

PORTA = 0; // αρχικοποίηση των τιμών που εντάσσονται εδώ.

TRISA = 0x01; // Διαμόρφωση του RA0 (pin 2) για είσοδο – input.

ADCON1 = 0x80; // Διαμόρφωση του PORTA για αναλογική είσοδο στο PIN 2.

PORTB = 0; // αρχικοποίηση των τιμών που εντάσσονται εδώ

TRISB = 0; // Διαμόρφωση του RB0-7 για έξοδο – output

Lcd_Init(); // Αρχικοποιούμε την LCD - LCD display initialization

Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR); // καθαρίζουμε την οθόνη από τυχόν σκουπίδια

Lcd_Cmd(_LCD_CURSOR_OFF); // κλείνουμε το αναβόσμημα του κέρσορα

Lcd_Out(1, 1, "Stefanos Theoxar"); //πρώτη γραμμή.

delay_ms(1000); // καθυστέρηση 1 δευτερολέπτου

while (1) // για όσο θα είναι αληθές...

```
{
```

voltage = ADC_Read(0); // Διάβασε την αναλογική τιμή από το pin 2

voltage = (voltage*4.89)*10; // κάνε την πράξη.

inttostr(voltage,volt); // Μετατροπή της τιμής από ακέραιο σε αλφαριθμητικό.

Volt= volt /100; // διαίρεσε την τιμή του volt με το 100.

Lcd_Out(2,1,"Voltage = "); // Μέχρι και την 10^η θέση της Δεύτερης γραμμής γράψε...

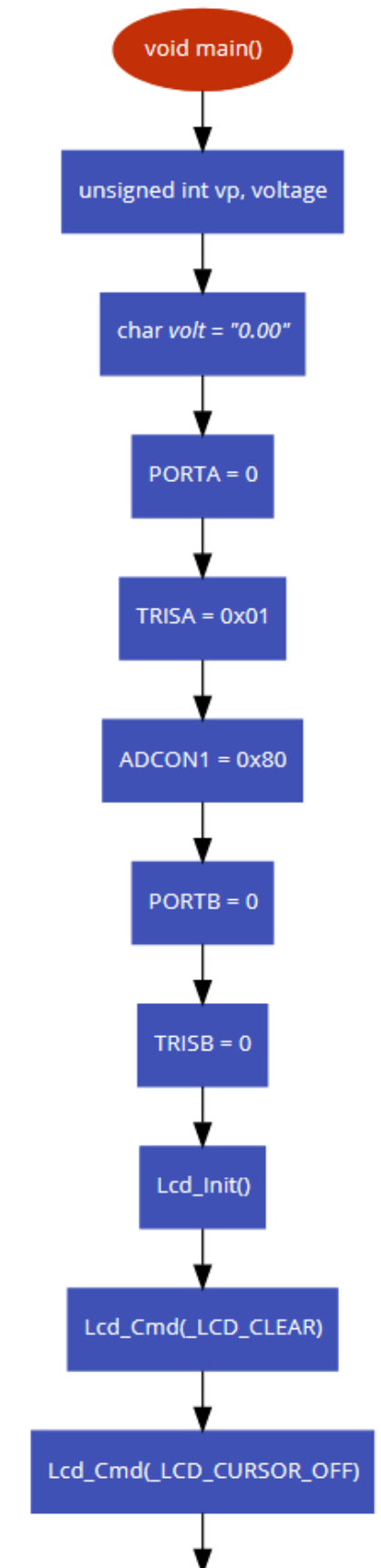
Lcd_Out(2,11,volt); // Μέχρι και την 15^η θέση της Δεύτερης γραμμής εμφάνισε τα volt.

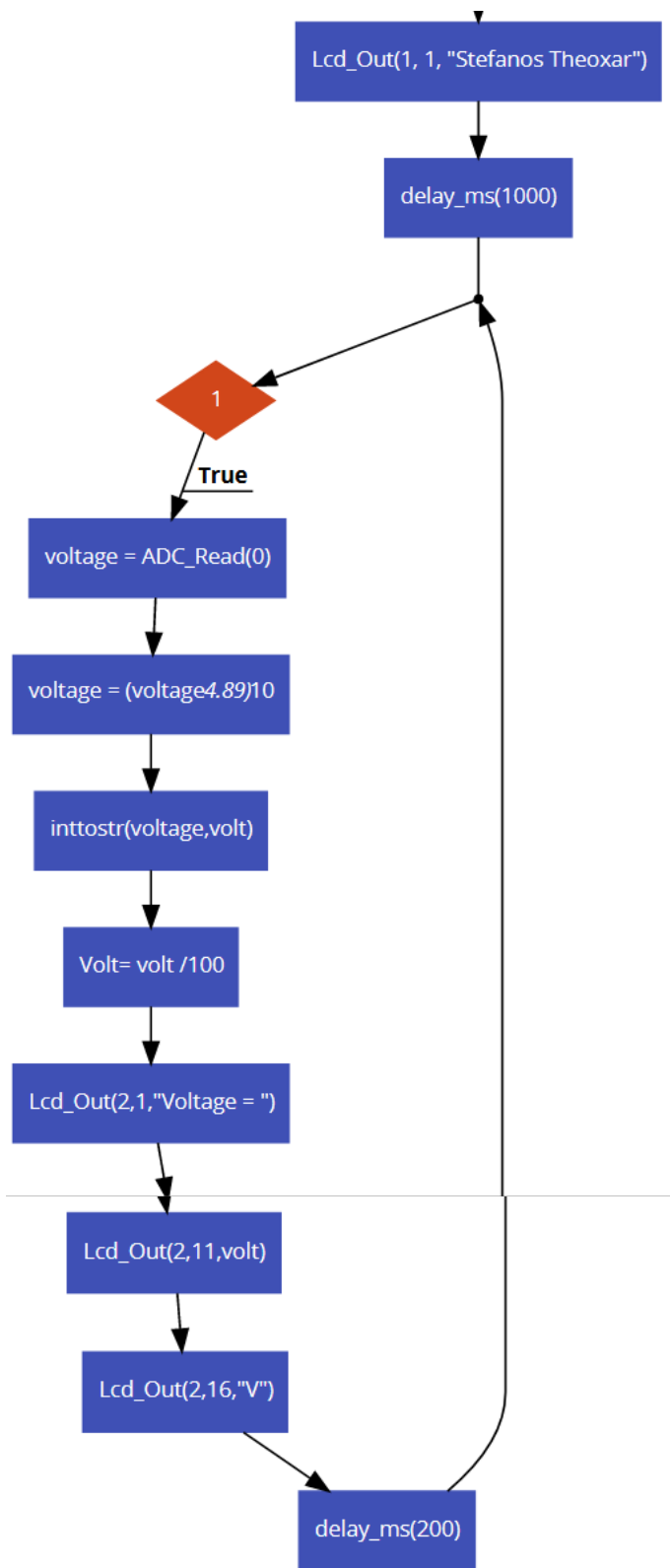
Lcd_Out(2,16,"V"); //στην 16^η θέση γράψε το χαρακτήρα "V".

delay_ms(200); // μία μικρή καθυστέρηση σε περίπτωση που μεταβάλλεται η τάση.

```
} // κλείνει η while.
```

```
} // κλείνει η κεντρική συνάρτηση void.
```





Σχήμα 30 - Διάγραμμα Ροής

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

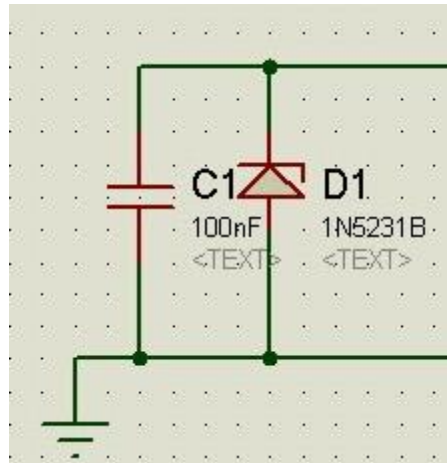
5.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το παρόν αποτελεί τη θεωρητική μελέτη καθώς και την απόδοση ενός οργάνου μέτρησης. Οι έλεγχοι στους οποίους έχει υποβληθεί ήταν πολλοί και ποικίλοι. Εξάλλου κάθε όργανο μέτρησης πρέπει να υποβάλλεται σε μια σειρά από ελέγχους και δοκιμασίες. Δοκιμάστηκε σε κανονικές τιμές τάσεις αλλά και στις πραγματικές συνθήκες εργασίας του. Πολλές καταστάσεις κρίνονται εκ των αποτελεσμάτων. Αν όχι όλες. Ακόμα και τα όργανα μετρήσεων. Έτσι και οι επιδόσεις του συγκεκριμένου οργάνου αξιολογήθηκαν σχεδόν καλές. Πάντοτε όμως στο καλό μπορεί να παρουσιασθεί κάτι καλύτερο. Σύμφωνα με τον φιλόσοφο Ηράκλειτο ο εχθρός του καλού είναι το καλύτερο. Το όργανο μπορεί να δεχθεί και άλλες βελτιώσεις.

5.2 ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

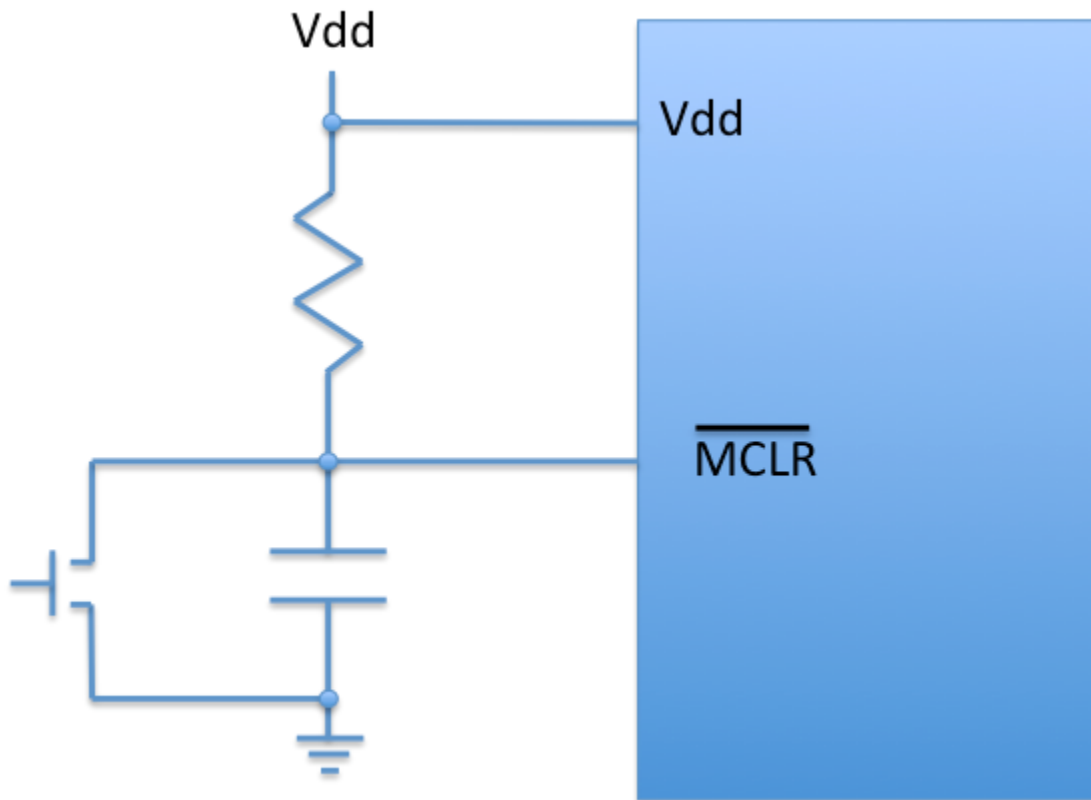
Όπως κάθε κατασκευή, έτσι και εδώ θα μπορούσαμε να επισημάνουμε αρκετές βελτιώσεις οι οποίες δεν πραγματοποιήθηκαν λόγω χρόνου, σχεδιασμού αλλά και κόστους.

Σαν πρώτη σκέψη, θα ήταν εξίσου σωστό η τοποθέτηση μίας διόδου ZENER έτσι ώστε να αποφύγουμε την καταστροφή του μικροελεγκτή σε περίπτωση όπου η τάση που φτάσει σε οποιονδήποτε ακροδέκτη του PIC, να ξεπεράσει τα 40 V. Στην παραπάνω περίπτωση, και με την εισαγωγή αυτής, η τάση που θα φτάνει στον PIC δεν πρόκειται ποτέ να ξεπεράσει τα 5.1V. Η διόδος ZENER έχει την ιδιότητα να διατηρεί μια συγκεκριμένη τάση στα άκρα της. Ο κωδικός της συνήθως αρχίζει με BZX ή BZY και η τάση είναι τυπωμένη πάνω της. Παράδειγμα: 4V7 σημαίνει 4.7V



Σχήμα 31 - Zener 5.1V

Δεύτερον, θα μπορούσαμε να προσθέσουμε κουμπί Reset στον MCLR (master clear pin external reset) ακροδέκτη του μικροελεγκτή PIC (Pin 1). Με αυτό τον τρόπο θα εξασφαλίζαμε περισσότερο την ομαλή λειτουργία του, καθώς θα μπορούσαμε να κάνουμε ολική επανεκκίνηση του κυκλώματος στην περίπτωση που “κόλλαγε” το πρόγραμμα μέσα στην μνήμη εντολών του, λόγω υψηλής - μη επιτρεπτόμενης τάσης αλλά και αύξησης θερμοκρασίας του μικροελεγκτή κυρίως από περιβαντολοντικούς παράγοντες,



Σχήμα 32 Συνδεσμολογία Master Clear

Τέλος, η πλακέτα θα μπορούσε να κατασκευαστεί με πιο σύγχρονο τρόπο όπως αυτόν του χαλκού ή της Φωτοευαίσθητης Πλακέτας. Στον παρακάτω πίνακα αποτυπώνονται οι τρεις μέθοδοι κατασκευής πλακετών με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους.

Οι τρεις μέθοδοι, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους			
	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Υλικά
Διάτρητες πλακέτες	Πολύ γρήγορος χρόνος σχεδίασης, φοβερή οικονομία και δυνατότητα για εύκολες τροποποιήσεις	Πολλές φορές δεν βλέπονται, φθείρονται περισσότερο με το χρόνο	1. Διάτρητη πλακέτα 2. Λεπτό καλώδιο ή σύρμα
Πλακέτες με χαλκό	Καλή εμφάνιση, αντοχή με τον χρόνο, σχετική οικονομία, αξιόπιστη και συμπαγής κατασκευή	Σχεδίαση των διαδρόμων με το χέρι, σχετικά χρονοβόρα διαδικασία, δύσκολες τροποποιήσεις	1. Πλακέτα με χαλκό 2. Υγρό για αποχάλκωση πχ ένυδρος τριχλωριούχος σίδηρος 3. Waterproof μαρκαδόρος
Φωτοευαίσθητες πλακέτες	Άψογη επαγγελματική εμφάνιση, μεγάλη αξιοπιστία, δυνατότητα παραγωγής σε μεγάλες ποσότητες, εργασία με computer	Σχετικά ακριβή μέθοδος, απαιτεί εμπειρία, χρειάζονται εξεζητημένα εργαλεία, δεν σου πάει η καρδιά να κάνεις τροποποιήσεις.	1. Φωτοευαίσθητη πλακέτα 2. Υγρό εμφάνισης 3. Υγρό αποχάλκωσης 4. Λάμπα υπεριωδών 5. Διαφάνεια της πλακέτας 6. Σκοτεινός χώρος

Πίνακας με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα μεθόδου κατασκευής πλακετών.

5.3 ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Γενικά ήταν μία πτυχιακή που απαιτούσε γνώσεις αρκετών αντικειμένων, αφού συνδύαζε την κατασκευαστική υλοποίηση με την προγραμματιστική ενασχόληση, αλλά τελικά το αποτέλεσμα είναι αυτό που ανταμείβει τους κόπους κάθε ερευνητή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ηλεκτρονικές Πηγές:

- [1] <http://www.microchip.com/> , Microchip Official Site.
- [2] <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582b.pdf> , PIC16F877A Data sheet.
- [3] <https://www.sparkfun.com/datasheets/LCD/HD44780.pdf> , HITACHI LCD Data Sheet.
- [4] <https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/LM7805.pdf> , LM 7805 Data Sheet.
- [5] <http://microchipdeveloper.com/8bit:mclr> , Microchip Developer Help - Master Clear Pin External Reset (MCLR).
- [6] <http://microchipdeveloper.com/8bit:lp> , Microchip Developer Help – External Crystal Oscillator Modes.
- [7] <http://www.mwfr.com/ucF08/LEC15%20PIC%20AD.pdf> , Dr. Charles Kim, Department of Electrical and Computer Engineering Howard University, Maryland.
- [8] <https://www.mikroe.com/> , MikroElektronika Official Site, mikroC PRO Program.
- [9] <http://picpgm.picprojects.net/> , PIC Development Programmer Software for Windows and Linux.
- [10] https://en.wikipedia.org/wiki/PIC_microcontroller , Wikipedia – The free Encyclopedia.
- [11] <http://www.microchip.com/wwwproducts/en/PIC16F877A> , Microchip Official e-shop Products.
- [12] https://www.tutorialspoint.com/embedded_systems/es_architectures.htm , Tutorial Free e-Learning.
- [13] <https://www.csee.umbc.edu/courses/undergraduate/CMSC391/summer04/burt/lectures/arch/architectures.html> , UMBC - Department of Computer Science and Electrical Engineering.
- [14] <https://el.wikipedia.org/wiki/Βολτόμετρο> , Wikipedia – The free Encyclopedia.
- [15] https://el.wikipedia.org/wiki/Διαιρέτης_Τάσης , Wikipedia – The free Encyclopedia.

Άλλες Πηγές:

- [16] Κονιδάρης Κώστας – Μόσχος Μάνθος, “Ασκήσεις με μικρο-ελεγκτές PIC”, – Εκδόσεις Σύγχρονη Εκδοτική, Αθήνα 2010, ISBN: 960-7344-92-8
- [17] Δρ. Σταμάτης Αλατσαθιανός, “Εισαγωγή στους Μικροελεγκτές PIC”, Έκδοση Σταμάτης Αλατσαθιανός, Αθήνα 2007, ISBN 978-960-92598-06
- [18] Ηρακλής Γ. Δημόπουλος, “Σήματα, Συστήματα και Κυκλώματα συνεχούς χρόνου”, Εκδόσεις Unitext, Αθήνα 2003, ISBN 960-92405-0-X
- [19] Brian W. Kernighan – Dennis M. Ritchie, “Η γλώσσα προγραμματισμού C”, Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα 2005 (ανατυπώθηκε) ISBN 960-209-0537

