ΤΟΜΕΑΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ - ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΙΚΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

Τ.Ε.Ι ΚΡΗΤΗΣ – ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ

ΧΑΝΙΑ

2008

Κατασκευή 3^{ων} Μετρητών Χωρητικότητας και Αυτεπαγωγής για το εργαστήριο Ηλεκτρονικών ΙΙΙ

υπό

Παντελόπουλου Χ. Ευάγγελου

Επιβλέπων: *Ραφαηλίδου Α. Κυριακή, Εργαστηριακός Συνεργάτης Τ.Ε.Ι Κρήτης*

Πτυχιακή Εργασία

για το Τμήμα Ηλεκτρονικής, Παραρτήματος Χανίων

του Τ.Ε.Ι Κρήτης

Τομέας Τηλεπικοινωνιών

Χανιά, Σεπτέμβρης 2008

CONSTRUCTION OF THREE ELECTRONIC DEVICES FOR MEASUREMENT OF CAPACITY AND SELFINDUCTION FOR ELECTRONICS III LABORATORY

By

Padelopoulos Ch. Vangelis

Supervisor: **Rafailidou A. Kiriaki,** Laboratory Assistant of T.E.I Crete

Thesis

For the electronics dept., Branch of Chania ,

Technological Educational Institute of Crete

Section of Telecommunications

Chania, September 2008

Prologue

This project refers to construction of three electronic devices measurement of capacity and selfinduction and is based on an old project with subject “Device measurement of Capacity and selfinduction” [Konstantaki Niko and Gioka Vasili. The three measurement devices constructed to supply the needs of laboratory ”electronics III” of “Technological Educational Institute of Crete, Branch of Chania, Department of Electronics”. The LC-Meter, electronic schematic was designed by Mr George Adamidis(laboratory assistant of TEI Crete) in 2005

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία αφορά την κατασκευή τριών συσκευών μέτρησης χωρητικότητας και αυτεπαγωγής. Η παρούσα εργασία βασίζεται σε προγενέστερη πτυχιακή εργασία με θέμα «LC-Meter Συσκευή Μέτρησης Αυτεπαγωγής και Χωρητικότητας» των φοιτητών Κωνσταντάκη Νίκο και Γκιόκα Βασίλη [1]. Η συσκευή μέτρησης χωρητικότητας και αυτεπαγωγής (LC-METER) σχεδιάστηκε από τον κ. Γεώργιο Αδαμίδη (εργ. συνεργάτη του ΤΕΙ Κρήτης) το 2005. Στο φοιτητή του τμήματος ηλεκτρονικής Βαγγέλη Παντελόπουλο ανατέθηκε η κατασκευή 3ων (LC-METER) καθώς και η σύνταξη του εγχειριδίου λειτουργίας των συσκευών. Οι τρεις συσκευές κατασκευάστηκαν για να καλύψουν τις ανάγκες του Εργαστηρίου ''Ηλεκτρονική 3''.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ……..…4

ΠΕΡΙΛΗΨΗ……..…....4

ΕΙΣΑΓΩΓΗ……....…5

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ: Αρχές λειτουργίας

1.1 Αρχές μέτρησης……..…….5

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ: Περιγραφή του κυκλώματος

2.1. Διάγραμμα βαθμίδων του LC-Meter……...6

2.2. Ανάλυση κυκλώματος……...8

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ: Τυπωμένο κύκλωμα και κατασκευή

3.1. Δημιουργία τυπωμένου κυκλώματος
(Printed Circuit Board)……11
3.2. Υλοποίηση του τυπωμένου κυκλώματος
σε πλακέτα……11
3.3. Παράθεση διαφανειών για υλοποίηση
κατασκευής……11

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ: Βαθμονόμηση της συσκευής

4.1. Τρόπος βαθμονόμησης του LC-Meter……16

ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟ: Εγχειρίδιο χρήσης του LC-Meter

5.1 Περιγραφή της συσκευής μέτρησης……..18
5.2 Τρόπος λειτουργίας……...21
5.3 Μηνύματα οθόνης…… ..….24
5.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά ……...26
5.5 Πιθανά προβλήματα……27
5.6 Αποφυγή προβλημάτων……...27
5.7 Κατάλογος εξαρτημάτων……28

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ……30

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους κ. Βαρδιάμπαση Ιωάννη, επίκουρο καθηγητή του τμήματος ηλεκτρονικής του Τ.Ε.Ι Κρήτης, τον κ. Αδαμίδη Γεώργιο και την κα. Ραφαηλίδου Κυριακή, εργαστηριακούς συνεργάτες του τμήματος Ηλεκτρονικής του ΤΕΙ Κρήτης (παραρτήματος Χανίων), για την καθοδήγησή τους, την αμέριστη συμπαράστασή τους, την ανεκτίμητη βοήθεια που προσέφεραν σε όλους τους τομείς, καθώς και για τον πολύτιμο χρόνο που αφιέρωσαν. Επίσης το τμήμα Ηλεκτρονικής του παραρτήματος Χανίων του ΤΕΙ Κρήτης για την οικονομική υποστήριξη.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η κατασκευή και η βαθμονόμηση τριών ίδιων ηλεκτρονικών συσκευών αυτοματοποιημένης μέτρησης χωρητικότητας και αυτεπαγωγής (LC-Meter) για να καλύψουν τις ανάγκες του εργαστηρίου Ηλεκτρονικά ΙΙΙ του Τ.Ε.Ι Κρήτης (παράρτημα Χανίων). Η προσπάθειά μου επικεντρώνεται στους παρακάτω στόχους:

1. Υλοποίηση συσκευής μέτρησης της χωρητικότητας πυκνωτών οποιουδήποτε τύπου, με ταυτόχρονη δυνατότητα μέτρησης της αυτεπαγωγής πηνίων οποιουδήποτε τύπου, σε όσο το δυνατό ευρύτερη περιοχή τιμών και με όσο το δυνατό μεγαλύτερη ακρίβεια.
2. Αυτοματοποιημένη μέτρηση με το πάτημα ενός πλήκτρου.
3. Μικρό μέγεθος και βάρος συσκευής.
4. Μικρό κόστος
5. Απουσία μηχανικών μερών
6. Απεικόνιση σε οθόνη χαρακτήρων τύπου υγρού κρυστάλλου (LCD).
7. Χρήση μικροεπεξεργαστή για ακριβείς αριθμητικούς υπολογισμούς με χρήση αριθμών κινητής υποδιαστολής 32-bit (32 bit floating point number, representation according to IEEE 754 standard for single precision floats)

Στο πρώτο μέρος παρουσιάζονται οι γενικές αρχές λειτουργίας. Στον δεύτερο μέρος παρουσιάζεται το κύκλωμα με σύντομη θεωρητική ανάλυση. Στο τρίτο μέρος περιλαμβάνεται μία σύντομη παρουσίαση του τυπωμένου κυκλώματος (printed circuit board) καθώς και η διαδικασία κατασκευής. Στο τέταρτο μέρος παρουσιάζεται η διαδικασία βαθμονόμησης της συσκευής (calibration), ενώ στο πέμπτο μέρος παρατίθεται το εγχειρίδιο χρήσης της συσκευής

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα διάφορα εξαρτήματα που κυκλοφορούν στο εμπόριο εμπεριέχουν ανοχές. Σε ορισμένες όμως περιπτώσεις χρειάζεται επακριβής γνώση της τιμής των εξαρτημάτων αυτών. Για παράδειγμα, σε όλους όσους ασχολούνται με ταλαντωτές ή με κατασκευές υψηλών συχνοτήτων, έχει παραστεί η ανάγκη για επακριβή γνώση της τιμής των πυκνωτών ή των πηνίων που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στις κατασκευές προκειμένου να προβλεφτεί με ακρίβεια η συμπεριφορά που σχετίζεται με την κεντρική συχνότητα λειτουργίας, την συχνότητα συντονισμού ή ταλάντωσης , το εύρος ζώνης κ.λ.π. Επομένως γεννάται αυτομάτως το ερώτημα : «Είναι δυνατό να αναπτυχθεί μία μικρού κόστους συσκευή που να μπορεί να μετρήσει με ακρίβεια τιμές αυτεπαγωγής και χωρητικότητας προκειμένου να σταθεί χρήσιμο εργαλείο για όλους αυτούς που ασχολούνται με κατασκευές ταλαντωτών και ραδιοκυκλωμάτων;»

Γνωρίζουμε φυσικά ότι αναμφίβολα μία γέφυρα wheatstone είναι θεωρητικά ο ακριβέστερος τρόπος για την μέτρηση αντιστάσεων, πυκνωτών και πηνίων, ωστόσο στην πράξη οι περισσότερες εκδόσεις γέφυρας wheatstone που κυκλοφορούν στο εμπόριο προορίζονται αποκλειστικά για την μέτρηση αντιστάσεων ενώ ακόμη και κάποιες ειδικές εκδόσεις που προορίζονται για μέτρηση αυτεπαγωγής ή χωρητικότητας είναι εξαιρετικά δύσχρηστες και ογκώδεις και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως φορητές συσκευές. Επιπλέον, οι διατάξεις τύπου Γέφυρας wheatsone είναι μηχανικές διατάξεις που φθείρονται εύκολα, κοστίζουν αρκετά και δεν παύουν να είναι λιγάκι «old fashion». Για τους παραπάνω λόγους δημιουργήθηκε μια κατασκευή πολύ πιο εύχρηστη και με νεότερη τεχνολογία.

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ: Αρχές λειτουργίας

1.1 Αρχές μέτρησης

Η τιμή της αυτεπαγωγής ενός πηνίου καθόσον και η τιμή της χωρητικότητας ενός πυκνωτή αποτελούν φυσικές ποσότητες που μπορούν να προσδιοριστούν έμμεσα από μετρήσεις παραμέτρων λειτουργίας κυκλωμάτων στα οποία εμπεριέχεται το άγνωστο στοιχείο (πυκνωτής ή πηνίο). Τέτοιου είδους παράμετροι, που μπορούν εύκολα να μετρηθούν, είναι το πλάτος και η συχνότητα κάποιου ηλεκτρικού σήματος. Εντούτοις η διαδικασία μέτρησης της συχνότητας κάποιου ηλεκτρικού σήματος είναι κάτι το οποίο μπορεί να πραγματοποιηθεί με εξαιρετική ακρίβεια και ευκολία από ένα ψηφιακό κύκλωμα και ειδικότερα από έναν μικρο-ελεγκτή[4], έναντι της διαδικασίας μέτρησης πλάτους κάποιου σήματος που εκ των πραγμάτων προϋποθέτει την διασύνδεση με τον αναλογικό κόσμο μέσω ADC (analog to digital converter).

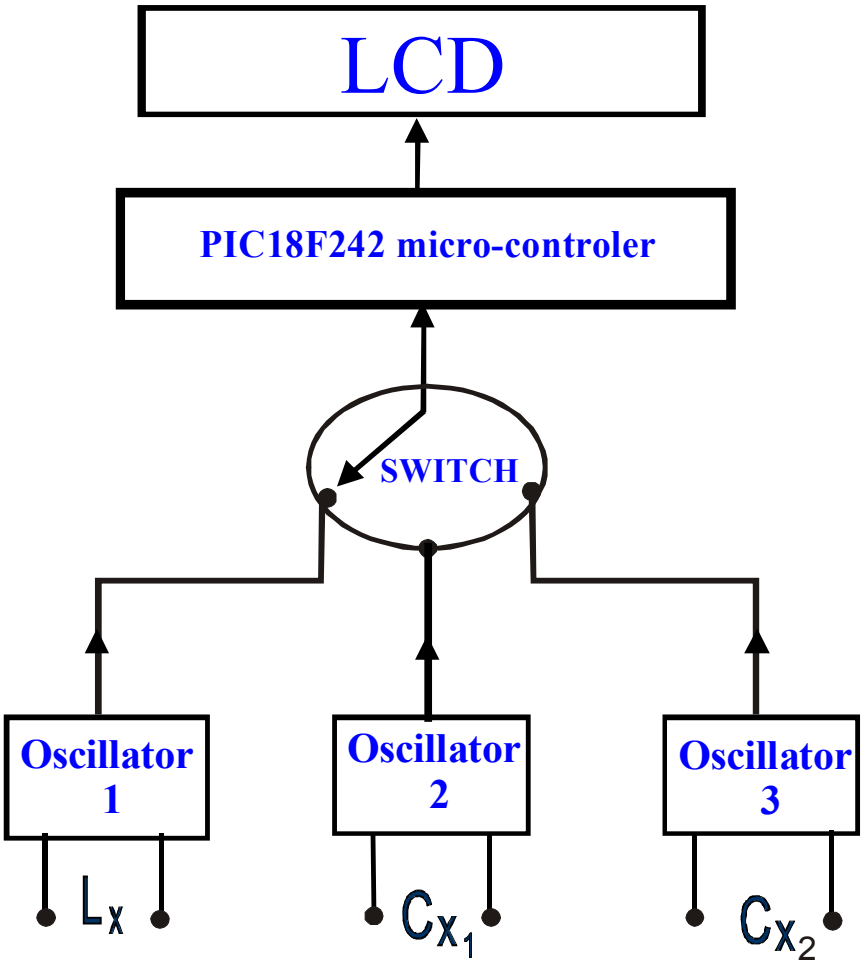
Η συσκευή αυτή δομείται γύρω από έναν μικροελεγκτή και επομένως ο τρόπος μέτρησης που επιλέγεται είναι η «*μέτρηση μέσω προσδιορισμού της συχνότητας λειτουργίας*». Η «μετρούμενη συχνότητα» αναφέρεται στην συχνότητα λειτουργίας κάποιου ταλαντωτή στον οποίο εμπεριέχεται το άγνωστο εξάρτημα που επιθυμούμε να μετρήσουμε (πυκνωτής ή πηνίο). *Επομένως, ανάγουμε την μέτρηση αυτεπαγωγής ή χωρητικότητας κάποιου στοιχείου σε απλή μέτρηση συχνότητας*.

Ο «ταλαντωτής» δύναται να είναι τύπου συντονισμού L-C (παραλλήλου ή σειράς) ή ακόμη κάποιος τύπος ασταθή πολυδονητή[1][5][6].

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ : Περιγραφή του κυκλώματος

2.1 Διάγραμμα βαθμίδων του μετρητή

Στο σχήμα 1 εικονίζεται το απλοποιημένο διάγραμμα βαθμίδων (block diagram) της συσκευής.



σχήμα 1.

Απλοποιημένο διάγραμμα βαθμίδων της συσκευής

Στην οθόνη απεικονίζονται οι μετρούμενες τιμές αυτεπαγωγής ή χωρητικότητας των στοιχείων που συνδέονται στους ακροδέκτες L_X, C_{X1} και C_{X2}, καθώς και κάποια βοηθητικά μηνύματα.

Η συσκευή δομείται γύρο από έναν RISC (reduced instruction set computer) ανώτερης κλάσης, 8bit μικροεπεξεργαστή τύπου PIC της Microchip[4]. Συγκεκριμένα χρησιμοποιούμε τον PIC18F242. Ο μικροεπεξεργαστής αυτός παρόλο που είναι 8bit, περιέχει εσωτερικά έναν 16bit ασύγχρονο counter πλήρως ελεγχόμενο μέσω software. Ο ασύγχρονος counter του μικροεπεξεργαστή συνδέεται διαμέσου μεταγωγού σε τρεις ταλαντωτές, τους Oscillator 1, Oscillator 2 και Oscillator 3. Ο 1ος και ο 2ος ταλαντωτής είναι τύπου L-C και χρησιμοποιούνται για μέτρηση πηνίων και

πυκνωτών, αντίστοιχα[5]. Ο 3ος ταλαντωτής είναι τύπου (R-C) πολυδονητή και χρησιμοποιείται για την μέτρηση πυκνωτών μεγάλης χωρητικότητας[6].

Τα άγνωστα πηνία που θέλουμε να μετρήσουμε προσαρμόζονται στους τερματικούς ακροδέκτες L_x, ενώ οι άγνωστοι πυκνωτές στους τερματικούς ακροδέκτες C_{x1} ή C_{X2}.

2.2 Ανάλυση του κυκλώματος

Στο σχήμα 2, παρατίθεται το ηλεκτρονικό σχέδιο του κυκλώματος. Με αναφορά λοιπόν το σχήμα 2, παραθέτω μια σύντομη ανάλυση :

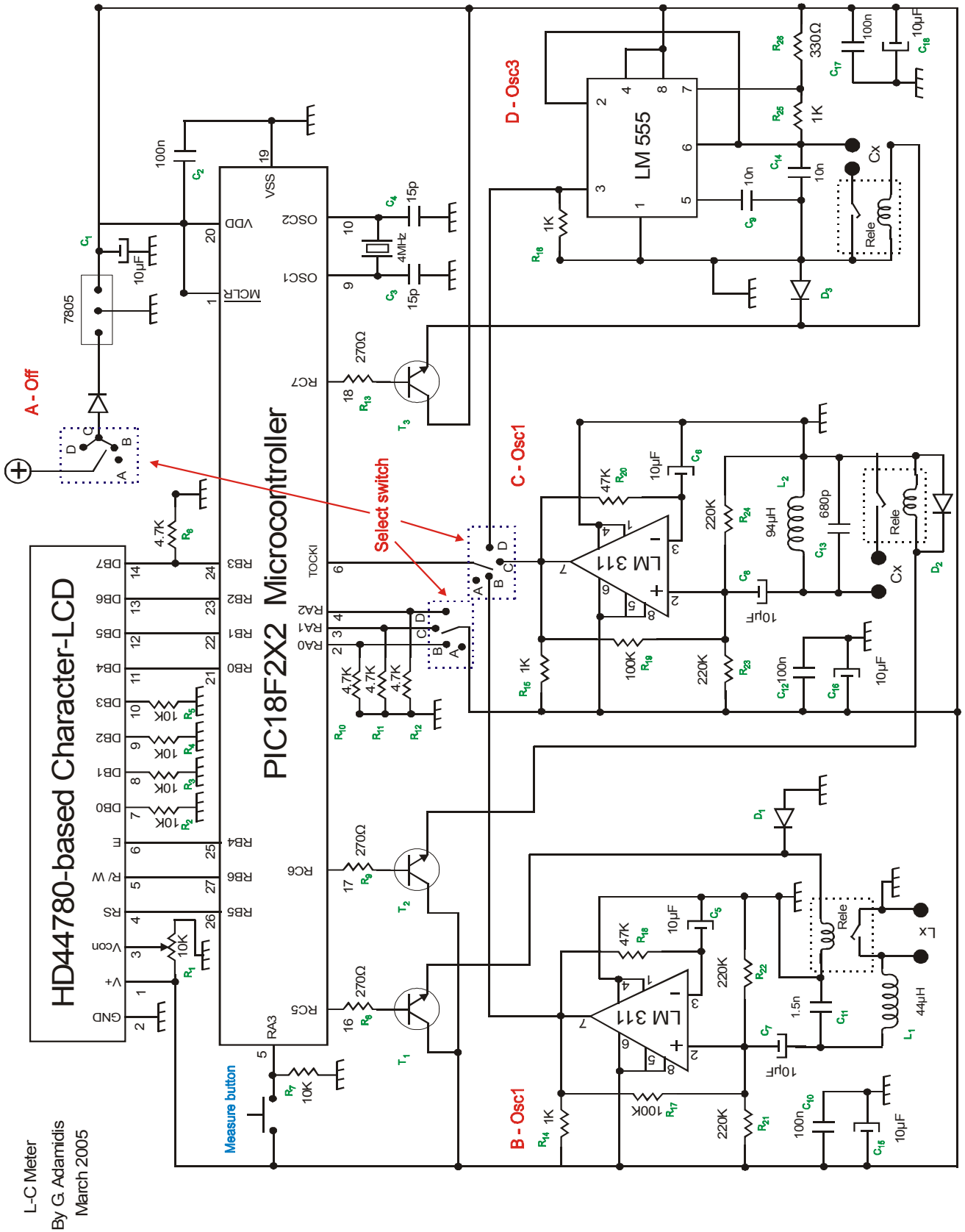
Το κύκλωμα μπορεί να τροφοδοτηθεί από 7,5 έως 12V από μπαταρία ή τροφοδοτικό δίχως μεγάλες ανάγκες σταθεροποίησης διότι έχει προβλεφθεί η σταθεροποίηση να γίνεται εντός του κυκλώματός. Σε σειρά με την τροφοδοσία υπάρχει μια δίοδος προστασίας η οποία προστατεύει το κύκλωμα από τυχόν ανάστροφη σύνδεση της πηγής (μπαταρίας ή τροφοδοτικού). Μετά τη δίοδο προστασίας χρησιμοποιείται ένας σταθεροποιητής τάσης τύπου 7805 για σταθεροποίηση της τάσης τροφοδοσίας στην τιμή των 5V. Η σταθεροποίηση είναι απαραίτητη προκειμένου να αποτρέψουμε ενδεχόμενη αστάθεια των ταλαντωτών. Επιπλέον, ο κατασκευαστής του Display [8], δίδει ονομαστική τιμή λειτουργίας 5V με εξαιρετικά περιορισμένα όρια ανοχής.

Ο μεταγωγός στο κύκλωμα είναι 4ων θέσεων-12 ακροδεκτών και χρησιμεύει για να μετάγει τη συσκευή από κατάσταση Off σε κατάσταση μέτρησης αυτεπαγωγής στον ταλαντωτή 1, κατάσταση μέτρησης χωρητικότητας στον ταλαντωτή 2 ή κατάσταση μέτρησης χωρητικότητας στον ταλαντωτή 3. Στην πρώτη θέση του μεταγωγού (θέση A) δεν έχει συνδεθεί τίποτα, με σκοπό η θέση αυτή να χρησιμεύει για την απενεργοποίηση της συσκευής (κατάσταση off). Στις υπόλοιπες θέσεις B,C και D, ο μεταγωγός πραγματοποιεί τα παρακάτω:

1 Συνδέει την τροφοδοσία στο κύκλωμα.
2 Συνδέει στο pin 6 (Tocki) του μικρο- επεξεργαστή τους ταλαντωτές 1,2 ή 3, αντίστοιχα. Το pin 6 (Tocki) του μικρο- επεξεργαστή αποτελεί το pin εισόδου του εσωτερικού ασύγχρονου 16bit μετρητή (counter).
3 Συνδέει τα pin 2 (RA0) ,3 (RA1),ή 4 (RA2) της A- θύρας δεδομένων του μικρο-επεξεργαστή σε λογικό επίπεδο on, αντίστοιχα. Ο μικροεπεξεργαστής, ελέγχοντας την λογική κατάσταση στην οποία βρίσκονται τα pins 2,3 και 4, διαπιστώνει ανά πάσα στιγμή σε ποια θέση (B,C ,ή D) βρίσκεται ο μεταγωγός.

Ο κρύσταλλος των 4MHz χρονίζει με ακρίβεια τον μικροεπεξεργαστή. Χρησιμοποιείται κρύσταλλος απαραίτητα, διότι η ακριβής μέτρηση της συχνότητας των ταλαντωτών προϋποθέτει την ύπαρξη ακριβή χρονισμού.

Τα τρανζίστορ T1,T2,T3 του κυκλώματος χρησιμεύουν ως διακόπτες για την οδήγηση τριών ηλεκτρονόμων (rele)[7]. Ο μικροεπεξεργαστής οδηγεί την βάση των τρανζίστορ μέσω των IO- pin 16,17 και 18 προκειμένου ανοιγοκλείνοντας τους ηλεκτρονόμους να συνδέει ή να αποσυνδέει τα προς μέτρηση στοιχεία στους τερματικούς ακροδέκτες L_X, C_{X1} και C_{X2} με τους ταλαντωτές – κάτι που κρίνεται απαραίτητο σύμφωνα με την μεθοδολογία μέτρησης που έχουμε επιλέξει.


HD44780-based Character-LCD
PIC18F2X2 Microcontroller
A - Off
B - Osc1
C - Osc1
D - Osc3
Select switch
Measure button
LM 555
LM 311
7805
Rele
Cx
Lx
L-C Meter
By G Adamidis
March 2005

σχήμα 2

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ : Τυπωμένο κύκλωμα και κατασκευή

3.1 Δημιουργία τυπωμένου κυκλώματος(Printed Circuit Board)

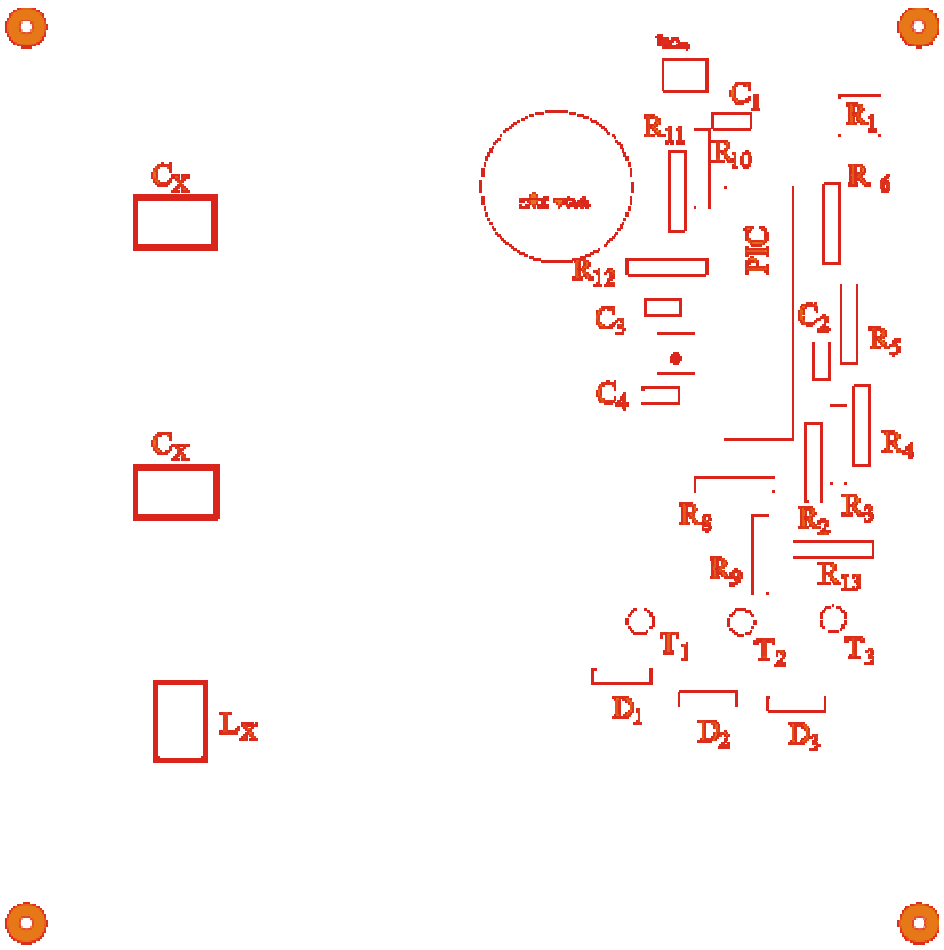
Η χρήση του λογισμικού σχεδίασης CorelDRAW μου έδωσε τη δυνατότητα, να σχεδιάσω το ηλεκτρονικό σχέδιο, να ορίσω τις διαστάσεις των εξαρτημάτων, τις διαστάσεις της πλακέτας καθώς και το πάχος των αγωγών[2]. Ακολουθώντας τα παραπάνω βήματα παρουσιάζω παρακάτω τις διαφάνειες του τυπωμένου κυκλώματος.

3.2 Υλοποίηση του τυπωμένου κυκλώματος σε πλακέτα

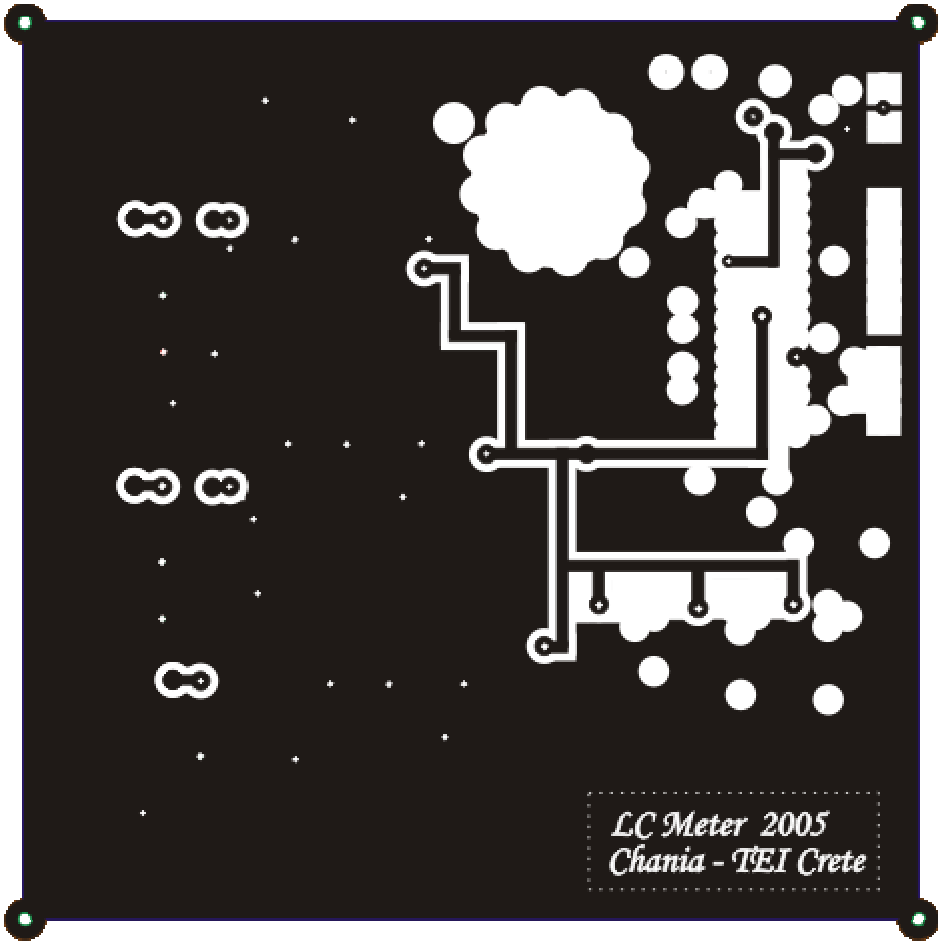
Η διαδικασία εμφάνισης του τυπωμένου κυκλώματος σε πλακέτα ακολουθεί μια σειρά βημάτων που χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή[3]. Τα οποία είναι τα εξής:

1. Χρειάστηκα μια πλακέτα διπλής όψεως(φωτοευαίσθητη και από τις δυο επιφάνειες).
2. Εκτύπωσα το τυπωμένο σε διαφάνειες, τις οποίες παρουσιάζω παρακάτω (Layout)
3. Έπειτα με τη βοήθεια του μηχανήματος φωτομεταφοράς του εργαστηρίου “τυπωμένα κυκλώματα” του ΤΕΙ Κρήτης (Παράρτημα Χανίων) εκτύπωσα το “Layout” στην πλακέτα βάσει της φωτολιθογραφικής μεθόδου.
4. Εμφάνισα το Layout πάνω στην πλακέτα με τη βοήθεια αραιού διαλύματος καυστικής σόδας (NaOH).
5. Η αποχάλκωση έγινε σε αραιό διάλυμα τριχλωριούχου σιδήρου.
6. Οι οπές στο τυπωμένο ανοίχτηκαν με τη βοήθεια ηλεκτρικού δραπάνου.
7. Τοποθέτησα και συγκόλλησα τα εξαρτήματα.
8. Η πλακέτα επικαλύφθηκε με ειδικό βερνίκι προκειμένου να αποφευχθεί τυχόν οξείδωση.

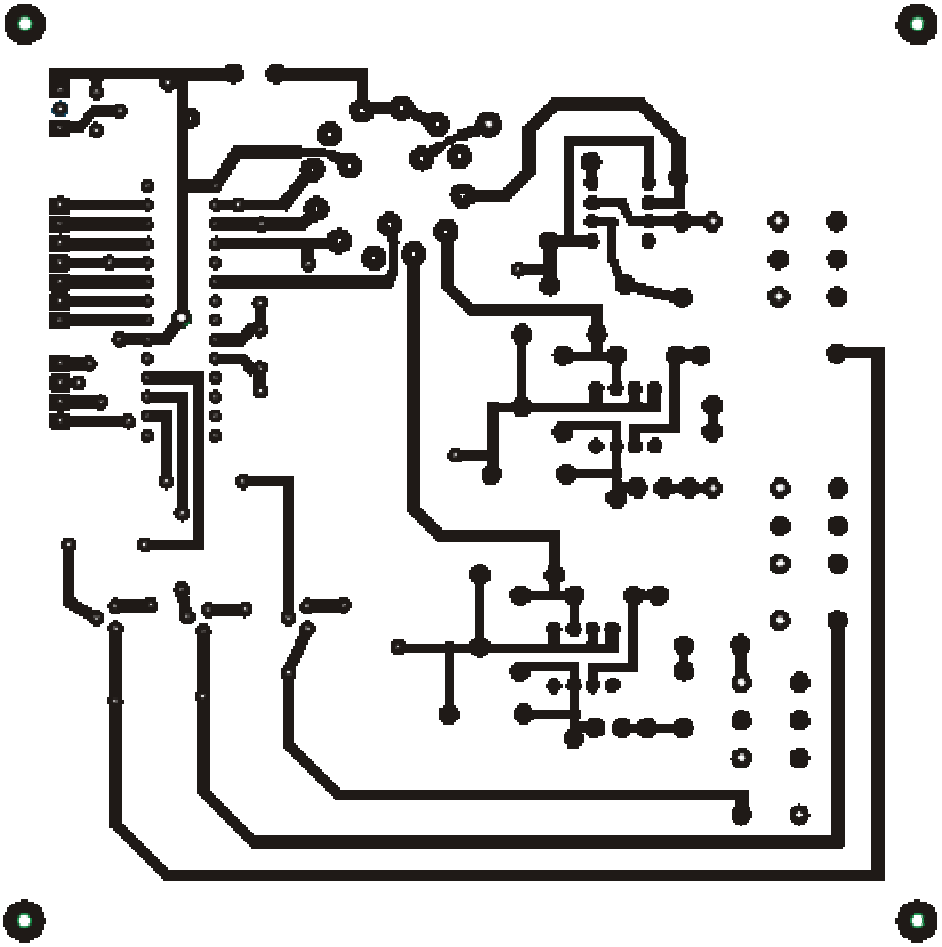
3.3 Παράθεση διαφανειών για υλοποίηση κατασκευής



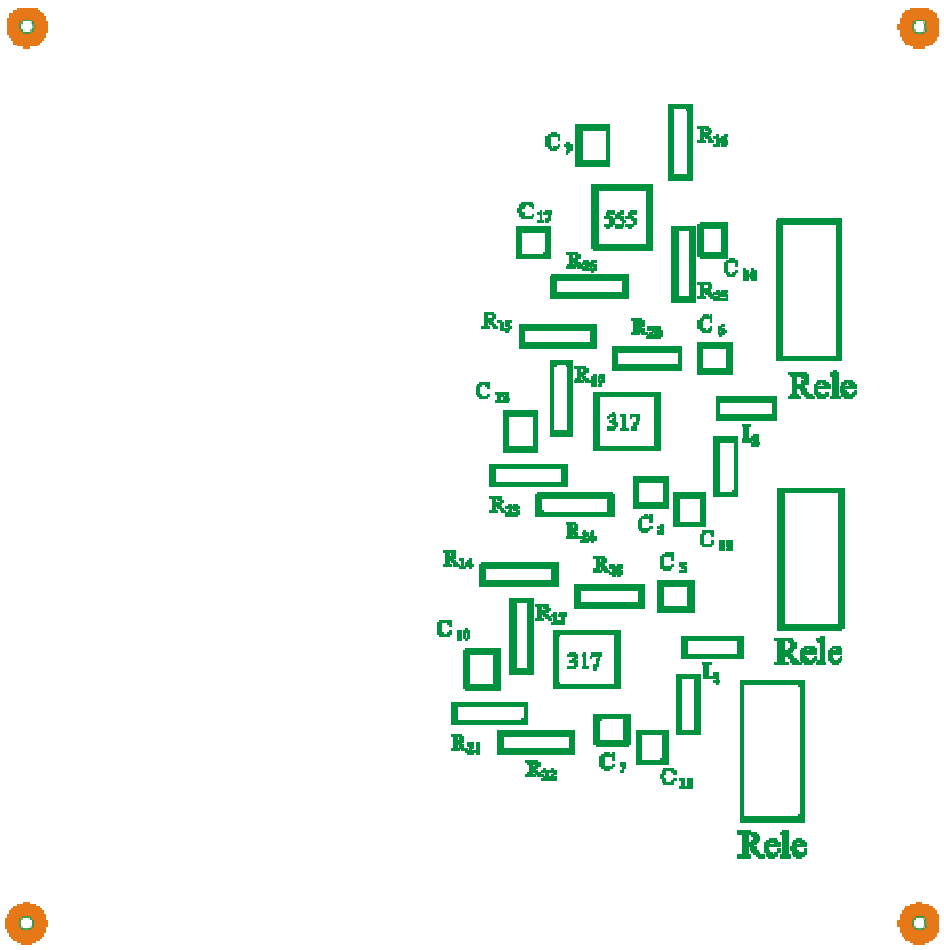
Θέση εξαρτημάτων άνω όψης



Ανω όψη πλακέτας



Κάτω όψη πλακέτας



Θέση εξαρτημάτων κάτω όψης

.

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ : Βαθμονόμηση της συσκευής

4.1 Τρόπος βαθμονόμησης του LC-Meter

Προκειμένου η συσκευή να μετράει σωστά απαιτείται μία αρχική βαθμονόμηση κατά την φάση κατασκευής. Από τη στιγμή που γίνει η βαθμονόμηση και μετά, η συσκευή είναι σε θέση να μετράει ανά πάσα στιγμή με το απλό πάτημα ενός πλήκτρου, χωρίς να χρειάζεται ποτέ πλέον άλλη βαθμονόμηση . Η διαδικασία της βαθμονόμησης έχει ως παρακάτω[1]:

1. Αρχικά δηλώνουμε στο πρόγραμμα ως LL, CM και CN τις ονομαστικές τιμές των L_1 , C_{13}, και $C_{14,}$ αντίστοιχα. Αυτό γίνεται στις γραμμές 33, 34 και 35 του προγράμματος με τις εντολές:

```
float CM=700.0;          /*Reference capacitor used (pF)- LM311 Osc 2 */

float LL=43.12;          /*Reference inductor used   (uH)- LM311 Osc 1 */

float CN=11580.0;        /*Reference capacitor used (pF)- LM555 Osc 3 */
```

2. Στη συνέχεια μετράμε με το LC-meter 3 γνωστά στοιχεία. Ένα γνωστό πηνίο τιμής L_i στον OSC-1, έναν γνωστό πυκνωτή τιμής C_k στον OSC-2 και έναν γνωστό πυκνωτή τιμής C_m στον OSC-3.
3. Σημειώνουμε κάπου τις τιμές LL_i, CC_K CC_m που μέτρησε η συσκευή μας και τα γνωστά στοιχεία L_i, C_k και C_m, αντίστοιχα.
4. Πραγματοποιούμε τις διαιρέσεις $A=L_i/LL_i$, $B=C_k/CC_k$ και $Γ=C_m/CC_m$.
5. Πραγματοποιούμε τους πολλαπλασιασμούς A*LL, B*CM, Γ*CN. Οι τιμές αυτές αντιστοιχούν στις πραγματικές τιμές των εξαρτημάτων L_1, C_{13}, και $C_{14,}$ αντίστοιχα.
6. Δηλώνουμε στο πρόγραμμα, εκ νέου ως LL, CM, CN τις τιμές A*LL, B*CM, Γ*CN, αντίστοιχα που υπολογίσαμε στο προηγούμενο βήμα και προγραμματίζουμε εκ νέου τον επεξεργαστή.
7. Μετράμε πάλι με το LC-Meter τα γνωστά στοιχεία τιμής L_i στον OSC-1, C_k στον OSC-2 και C_m στον OSC-3 και επαληθεύουμε ότι στην οθόνη της συσκευής απεικονίζεται τον αναμενόμενο αποτέλεσμα μέτρησης.
8. Στη συνέχεια, βραχυκυκλώνουμε με ένα μικρού μήκους και πολύ λεπτό επάργυρο σύρμα τους τερματικούς ακροδέκτες L_x, και πατάμε το πλήκτρο measure της συσκευής τη στιγμή που ο μεταγωγός είναι στη θέση L. Σημειώνουμε την τιμή L που διαβάζουμε στο display της συσκευής. Η τιμή αυτή αντιστοιχεί στην παρασιτική αυτεπαγωγή των τερματικών ακροδεκτών L_x.
9. Αφαιρούμε οποιοδήποτε στοιχείο από τους τερματικούς ακροδέκτες C_{X1} και πατάμε το πλήκτρο measure της συσκευής τη στιγμή που ο μεταγωγός είναι στη θέση C1. Σημειώνουμε την τιμή C_1 που διαβάζουμε στο display της

συσκευής. Η τιμή αυτή αντιστοιχεί στην παρασιτική χωρητικότητα των τερματικών ακροδεκτών C_{X1}.

10. Δηλώνουμε στις γραμμές 36 και 37 του προγράμματος ως C_{par} και LL_{par} τις τιμές L και C_1, αντίστοιχα, όπως παρακάτω:

```
float Cpar=0.08;            /*Parasitic capacitor (pF) in LM311 Osc 2 */

float LLpar=0.04;           /*Parasitic inductor (uH) in LM311 Osc 1   */
```

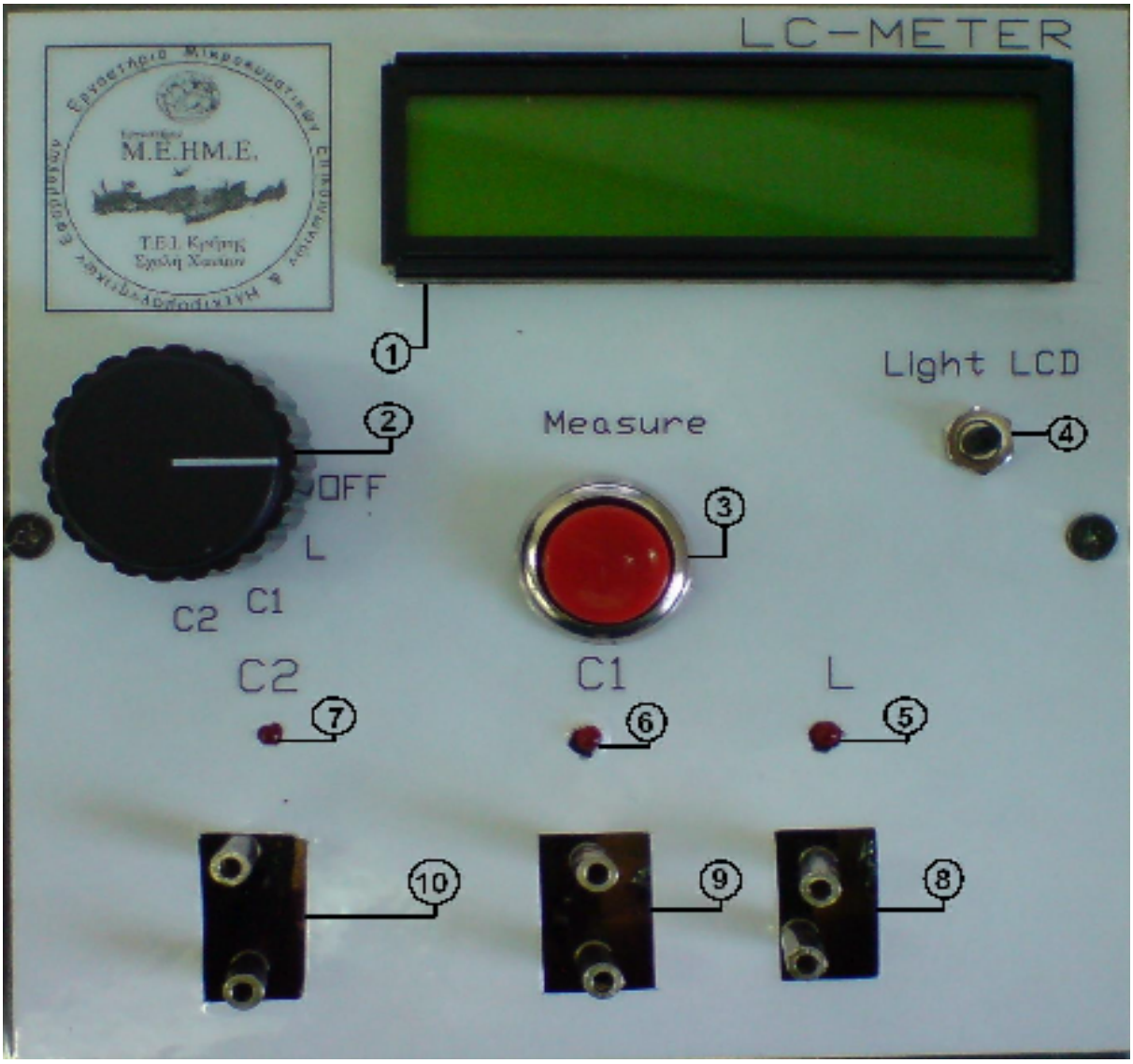
11. Προγραμματίζουμε εκ νέου τον μικροεπεξεργαστή μας και η συσκευή έχει πλέον βαθμονομηθεί.

Να αναφέρω ότι ο προγραμματισμός του μικροελεγκτή γίνεται με τον προγραμματιστή της Microchip τον PIC STARTPLUS[4].

ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟ : Εγχειρίδιο χρήσης του LC-Meter

5.1 Περιγραφή της συσκευής μέτρησης

ΕΜΠΡΟΣΤΙΑ ΟΨΗ



1. LCD Οθόνη Είναι μια οθόνη υγρού κρυστάλλου συμβατή με την HD44780 της Hitachi η οποία τροφοδοτείτε με τάση 5V και είναι τύπου 2X16, δηλαδή δυνατότητας απεικόνισης 2 γραμμών με 16 χαρακτήρες ανά γραμμή[8].

2.Επιλογέας (τεσσάρων θέσεων, 15 ακροδεκτών)

- θέση Off.

Στην θέση αυτή του επιλογέα η συσκευή είναι απενεργοποιημένη.

- θέση L.

Στη θέση αυτή του επιλογέα η συσκευή πραγματοποιεί μέτρηση αυτεπαγωγής .

- θέση C1.

Στην θέση αυτή του επιλογέα η συσκευή πραγματοποιεί μέτρηση χωρητικότητας πυκνωτών της περιοχής τιμών από 0 pf--52 nF

- Θέση C2.

Στην θέση αυτή του επιλογέα η συσκευή πραγματοποιεί μέτρηση χωρητικότητας πυκνωτών της περιοχής τιμών από 52 n f – 500 μF

3. Measure Button (Πλήκτρο μέτρησης) Με το πάτημα του measure button γίνεται η αυτοματοποιημένη μέτρηση και η εμφάνιση της τιμής του στοιχείου στην οθόνη υγρού κρυστάλλου.

4. Φωτισμός LCD

5.Ενδείκτης Led L . Ένδειξη ενεργοποίησης υποδοχής L με την τοποθέτηση του επιλογέα στη θέση L

6. Ενδείκτης Led C1. Ένδειξη ενεργοποίησης υποδοχής C1 με την τοποθέτηση του επιλογέα στη θέση C1

7. Ενδείκτης Led C2. Ένδειξη ενεργοποίησης υποδοχής C2 με την τοποθέτηση του επιλογέα στη θέση C2

8.Υποδοχή L. Μέτρηση πηνίων 0.00μH-150mH

Τοποθετώντας το στοιχειό σε αυτήν την υποδοχή, η συσκευή πραγματοποιεί μέτρηση αυτεπαγωγής.

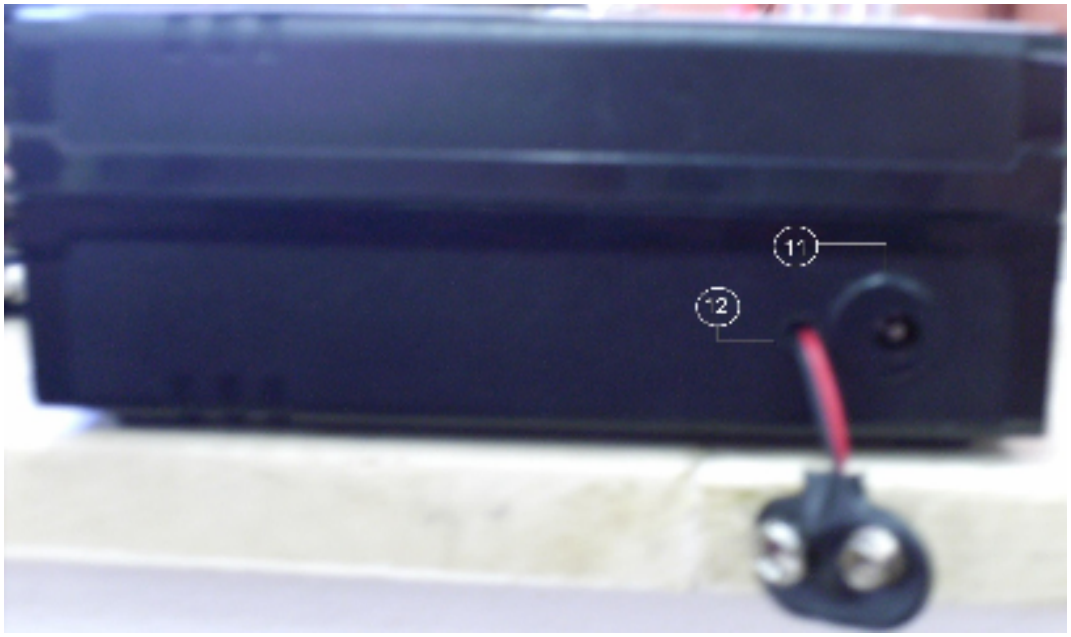
9.Υποδοχή C1. Μέτρηση πυκνωτών 0.00pF-52nF.

Τοποθετώντας το στοιχειό σε αυτήν την υποδοχή, η συσκευή πραγματοποιεί μέτρηση χωρητικότητας της συγκεκριμένης περιοχής τιμών.

10. Υποδοχή C2. Μέτρηση πυκνωτών 52nF-500μF.

Τοποθετώντας το στοιχειό σε αυτήν την υποδοχή, η συσκευή πραγματοποιεί μέτρηση χωρητικότητας της συγκεκριμένης περιοχής τιμών .

ΠΛΑ'Ι'ΝΗ ΟΨΗ



11. Υποδοχή τροφοδοσίας συσκευής για σύνδεση σε τροφοδοτικό από 9-12 V

12. Υποδοχή μπαταρίας 9V

5.2 Τρόπος λειτουργίας

- Για την τροφοδότηση της συσκευής μέτρησης απαιτείται η σύνδεση της υποδοχής 11 σε τροφοδοτικό ή της υποδοχής 12 σε μπαταρία 9V.

- Όταν ο επιλογέας βρίσκεται στην θέση OFF η συσκευή είναι απενεργοποιημένη.

- Όταν ο επιλογέας τοποθετηθεί στην θέση L η συσκευή θα ενεργοποιηθεί και στην οθόνη θα εμφανιστεί το παρακάτω μήνυμα.

Θα ενεργοποιηθεί ο ενδείκτης LED L το όποιο υποδεικνύει ότι η υποδοχή L έχει ενεργοποιηθεί και η συσκευή είναι έτοιμη να πραγματοποιήσει μέτρηση αυτεπαγωγής του εξαρτήματος που θα τοποθετηθεί στην υποδοχή L.Πατώντας μια φορά το κουμπί measure, στην οθόνη εμφανίζεται το παρακάτω μήνυμα.

και αμέσως μετά εμφανίζεται η μετρηθείσα τιμή της αυτεπαγωγής. Την ίδια στιγμή, στη δεύτερη γραμμή της οθόνης εμφανίζεται η τιμή Diff. Η Diff είναι η διαφορά της τιμής αυτεπαγωγής που είχε μετρηθεί σε κάποια προηγούμενη στιγμή από τη τρέχουσα. Δηλαδή τιμή Diff=τρέχουσα τιμή – προηγούμενη τιμή. Η τιμή Diff μπορεί να είναι είτε αρνητική είτε θετική. Το πρόσημο εμφανίζεται αμέσως πριν από την συντομογραφική λέξη Diff.

π.χ

L= 22.13 μH

-Diff= 1.15 μH

ή

L= 22.13 μH

+Diff= 1.15 μH

- Τοποθετώντας τον επιλογέα στην θέση C1 ενεργοποιείται ο ενδείκτης LED C1 ο όποιος υποδεικνύει ότι η υποδοχή C1 έχει ενεργοποιηθεί και η συσκευή είναι έτοιμη να πραγματοποιήσει μέτρηση χωρητικότητας του εξαρτήματος που θα τοποθετηθεί στην υποδοχή C1. Πατώντας μια φορά το κουμπί measure, πραγματοποιείται η μέτρηση και στην οθόνη εμφανίζεται το παρακάτω μήνυμα.

και αμέσως μετά εμφανίζεται η μετρηθείσα τιμή της χωρητικότητας που είναι συνδεμένη στους τερματικούς ακροδέκτες C1 . Την ίδια στιγμή, στη δεύτερη γραμμή της οθόνης εμφανίζεται η τιμή Diff. Η Diff είναι η διαφορά της τιμής χωρητικότητας που είχε μετρηθεί σε κάποια προηγούμενη στιγμή από τη τρέχουσα. Δηλαδή τιμή Diff=τρέχουσα τιμή – προηγούμενη τιμή. Η τιμή Diff μπορεί να είναι είτε αρνητική είτε θετική. Το πρόσημο εμφανίζεται αμέσως πριν από την συντομογραφική λέξη Diff.

π.χ

C1= 13.03 pF

-Diff= 1.34 pF

ή

C1= 13.46pF

+Diff= 1.34pF

- Τοποθετώντας τον επιλογέα στην θέση C2 ενεργοποιείται ο ενδείκτης LED C2 ο όποιος υποδεικνύει ότι η υποδοχή C2 έχει ενεργοποιηθεί και η συσκευή είναι έτοιμη να πραγματοποιήσει μέτρηση χωρητικότητας του εξαρτήματος που θα τοποθετηθεί στην υποδοχή C2. Πατώντας μια φορά το κουμπί measure, πραγματοποιείται η μέτρηση και στην οθόνη εμφανίζεται το παρακάτω μήνυμα.

και αμέσως μετά εμφανίζεται η μετρηθείσα τιμή της χωρητικότητας που είναι συνδεμένη στους τερματικούς ακροδέκτες C2. Την ίδια στιγμή, στη δεύτερη γραμμή οθόνης εμφανίζεται η τιμή Diff. Η Diff είναι η διαφορά της τιμής χωρητικότητας που είχε μετρηθεί σε κάποια προηγούμενη στιγμή από τη τρέχουσα. Δηλαδή τιμή `Diff=τρέχουσα τιμή – προηγούμενη τιμή`. Η τιμή Diff μπορεί να είναι είτε αρνητική είτε θετική. Το πρόσημο εμφανίζεται αμέσως πριν από την συντομογραφική λέξη Diff.

π.χ

C2= 50.03 nF

-Diff= 1.34 pF

ή

C2= 50.46 nF

+Diff= 1.34 pF

- Για τον φωτισμό της οθόνης LCD πρέπει να πατηθεί το κουμπί LIGHT LCD.
- Για την απενεργοποίηση της συσκευής ο επιλογέας θα πρέπει να τοποθετηθεί στην θέση OFF.

5.3 Μηνύματα οθόνης

➢ **Μήνυμα 1**

Εμφανίζεται με το άνοιγμα της συσκευής.

- **Μήνυμα 2**

Το παραπάνω μήνυμα πληροφορεί τον χρήστη ότι η αυτεπαγωγή του εξαρτήματος Lx που βρίσκεται στους τερματικούς ακροδέκτες L βρίσκεται εκτός ορίων μέτρησης (το ίδιο μήνυμα εμφανίζεται όταν κάποιος επιχειρήσει να κάνει μέτρηση τη στιγμή που στους ακροδέκτες L δεν έχει τοποθετηθεί κανένα εξάρτημα) .

- **Μήνυμα 3**

Το παραπάνω μήνυμα πληροφορεί το χρήστη ότι η χωρητικότητα του εξαρτήματος που είναι συνδεμένο στους τερματικούς ακροδέκτες C1 βρίσκεται εκτός ορίων μέτρησης του C1. Προτρέπει το χρήστη να επιχειρήσει να μετρήσει το ίδιο εξάρτημα στους τερματικούς ακροδέκτες C2.

- **Μήνυμα 4**

Το παραπάνω μήνυμα πληροφορεί το χρήστη ότι η χωρητικότητα του εξαρτήματος που είναι συνδεμένο στους τερματικούς ακροδέκτες C2 βρίσκεται εκτός ορίων μέτρησης του C2. Προτρέπει το χρήστη να επιχειρήσει να μετρήσει το ίδιο εξάρτημα στους τερματικούς ακροδέκτες C1.

- **Μήνυμα 5**

Το παραπάνω μήνυμα πληροφορεί το χρήστη ότι η χωρητικότητα του εξαρτήματος που είναι συνδεμένο στους τερματικούς ακροδέκτες C2 βρίσκεται εκτός ορίων μέτρησης του C2 και είναι αδύνατος ο υπολογισμός. Το μήνυμα εμφανίζεται στη περίπτωση που η χωρητικότητα του πυκνωτή είναι πάνω από 500μF.

5.4 Τεχνικά χαρακτηριστικά

Τάση τροφοδοσίας…….9V-12V

Τάση μπαταρίας…….9V

Ρεύμα standby……25mA

Περιοχή μέτρησης L……...0.00μH-150mH

Περιοχή μέτρησης C1…….0.00pF- 52nF

Περιοχή μέτρησης C2…….52,00nF - 500μF

Οθόνη HD44780 Hitachi 5V……2 γραμμέςΧ16 Χαρακτήρες

Διαστάσεις (Μ x Υ x Π)…….134mm x 56mm x 120mm

5.5 Πιθανά προβλήματα

- Η συσκευή είναι βαθμονομημένη. Τυχών επέμβαση στο εσωτερικό μέρος της θα χαλάσει την βαθμονόμησή της, με αποτέλεσμα οι μετρήσεις να μην είναι σωστές.
- Για την μέτρηση των ηλεκτρολυτικών πυκνωτών στην θέση C2 ο αρνητικός ακροδέκτης των πυκνωτών θα πρέπει να τοποθετείται στην κάτω επαφή της υποδοχής.
- Για την σωστή μέτρηση των εξαρτημάτων, οι ακροδέκτες τους θα πρέπει να εφάπτονται πλήρως με τις επαφές των υποδοχών με την βοήθεια των βιδών που υπάρχουν πάνω σε αυτές.
- Για την μέγιστη ακρίβεια στις μετρήσεις συνίσταται η χρήση τροφοδοτικού και όχι μπαταριάς .
- Συνίσταται ο περιοδικός έλεγχος της αξιοπιστίας της συσκευής με την χρήση πυκνωτών και πηνίων αναφοράς (ακριβείας).Σε περίπτωση που

διαπιστωθεί σημαντική απόκλιση η συσκευή πρέπει να επαναβαθμονομηθεί.(Απευθυνθείτε στο εργ. Μικροκυματικών Επικοινωνιών και Ηλεκτρομαγνητικών Εφαρμογών).Υπό κανονικές συνθήκες η συσκευή δεν απαιτεί καμιά βαθμονόμηση καθ' όλη τη διάρκεια ζωής της.

5.6 Αποφυγή προβλημάτων

- Η συσκευή δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να έρθει σε επαφή με το νερό.
- Οι ακροδέκτες των υποδοχών δεν θα πρέπει να πιεστούν διότι υπάρχει κίνδυνος καταστροφής της πλακέτας.
- Προσοχή θα πρέπει να δοθεί στον επιλογέα διότι κακή χρήση του θα δημιουργήσει προβλήματα στην σωστή λειτουργιά της συσκευής.
- Πρέπει να αποφευχθεί οποιοδήποτε χτύπημα της συσκευής .
- Αφαιρέστε την μπαταρία από την συσκευή μέτρησης αν δεν πρόκειται να την χρησιμοποιήσετε για μεγάλο χρονικό διάστημα.
- Προσοχή οι υποδοχές των εξαρτημάτων να διατηρούνται καθαρές. Οποιαδήποτε ακαθαρσία στις υποδοχές μπορεί να εισάγει παρασιτική χωρητικότητα ή αυτεπαγωγή που θα δημιουργήσει πρόβλημα στις μετρήσεις.

5.7 Κατάλογος εξαρτημάτων

Αντιστάσεις:

R1 =τρίμμερ 10ΚΩ

R2,R3,R4,R5,R7 = 10ΚΩ 1/4W

R6,R10,R11,R12 =4,7ΚΩ 1/4W

R8,R9,R13 =270Ω 1/4W

R14,R15,R16,R25 = 1KΩ 1/4W

R17,R19 =100KΩ 1/4W

R18,R20 =47KΩ 1/4W

R21,R22,R23,R24 =220KΩ 1/4W

R26 =330Ω 1/4W

R27 =47Ω 1/4W

Πυκνωτές:

C1,C5,C6,C7,C8,C15,C16,C18 =10 F/16V

C2,C10,C12,C17 =100nF

C3,C4 =15pF

C9,C14 =10nF

C11 =1.5nF 5%

C13 =680pF 5%

Ημιαγωγοί:

IC1 =7805

IC2 =PIC18F242 + βάση

IC3,IC4 =LM311

IC5 =LM555

D1,D2,D3,D4 =1N4007

LED1,LED2,LED3 = κόκκινο LED διαμ 3mm

T1,T2,T3 =BC108

Διάφορα:

LCD =οθόνη LCD HD4780 2x16

S1 =επιλογικός διακόπτης 4 θέσεων /15 ακροδεκτών

PS1,PS2 =push-button(στρογγυλό)

X1 =κρύσταλλος 4MHz

L1 =44μH

L2 =94μH

Re1, Re2, Re3=ηλεκτρονόμος 5V 2 επαφών 6 ακροδεκτών

K1 =υποδοχή τροφοδοτικού

K2 =υποδοχή μπαταρίας 9V

Lx, Cx1,Cx2 =υποδοχές εξαρτημάτων

Κουτί πλαστικό 13x13cm

Φωτοευαίσθητη πλακέτα

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] Βιβλιοθήκη Τ.Ε.Ι Κρήτης Παράρτημα Χανίων

[2] CorelDraw X3 (c) 2005 Corel corporation

[3] Τεχνολογία Ηλεκτρονικών Εξαρτημάτων,2η έκδοση, Καραγιάννης Α

[4] Microchip “PIC18XX2 Datasheet: www.microchip.com

[5]LM311 voltage comparator:

www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=LM311

[6] LM555 Timer:

www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=LM555

[7] BC108: www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=BC108

[8] LCD HD44780 2x16: Winstar LCD WP1602D