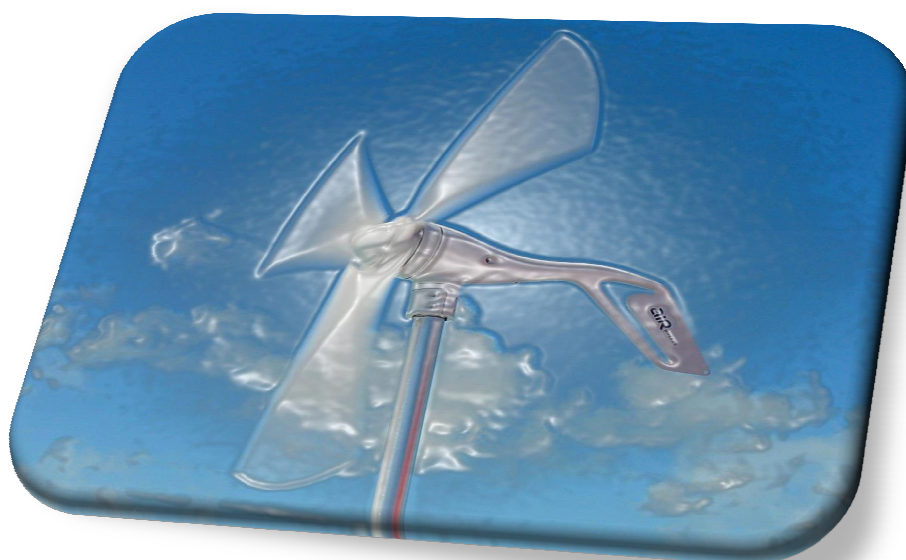


Πτυχιακή εργασία

**ΘΕΜΑ: ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΙΚΡΗΣ
ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ
ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗ.**



ΕΙΣΗΓΗΤΕΣ: Δρ. ΣΦΑΚΙΩΤΑΚΗΣ ΜΙΧΑΛΗΣ

ΜΗΝΑΔΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ Καθ. Εφαρμογών

Σπουδαστές: Γεωργαλλής Ιωάννης , Αλεξόπουλος Κώστας

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2013

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.

*Η έγκριση της παρούσης πτυχιακής εργασίας υπό του Τμήματος Ηλεκτρολόγων της Σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών του Ανώτατου Τεχνολογικού Ιδρύματος της Κρήτης δεν υποδηλοί αποδοχή της γνώμης των συγγραφέων.
(Ν. 5343/1932, άρθρο 202, παρ. 2)*

Ευχαριστώ πολύ την οικογένεια μου για όλα αυτά τα χρόνια που με στηρίζει και έχω φτάσει σε αυτό το σημείο. Ακόμα να ευχαριστήσω τον συνάδελφο Κώστα για την άψογη Συνεργασία την οποία είχαμε.

Γεωργαλλής Γιάννης

Θα ήθελα και εγώ με τη σειρά μου να ευχαριστήσω την Οικογένειά μου, διότι η ηθική και υλική υποστήριξη που μου παρείχε όλα αυτά τα χρόνια, σε συνδυασμό με την κατανόηση και την ανοχή, ήταν βασικοί παράγοντες για την εκπλήρωση της επιθυμίας μου, τη συνέχιση και, αισίως, την ολοκλήρωση των σπουδών μου στο Τμήμα. Επιπλέον ευχαριστώ το Γιάννη για την άκρως επικοινωνιακή συνεργασία μας.

Αλεξόπουλος Κώστας

Πρόλογος

Η εργασία αυτή που έχετε μπροστά σας, έγινε με σκοπό να σας παρουσιάσει τα στοιχεία / Συμπεράσματα που προέκυψαν από την κατασκευή ενός πίνακα ελέγχου ανεμογεννήτριας μικρής ισχύος, καθώς επίσης και όλη τη διαδικασία δημιουργίας αυτού του πίνακα.

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στον εργαστηριακό χώρο του ΤΕΙ Ηρακλείου με την συμμετοχή δύο σπουδαστών, οι οποίοι δέχτηκαν με μεγάλη χαρά την πρόταση του Κ. Γιάννη Μηναδάκη να ερευνήσουν το συγκεκριμένο θέμα. Θα θέλαμε πολύ να τον ευχαριστήσουμε θερμά για την εμπιστοσύνη και τη βοήθεια που μας προσέφερε όλο αυτό το διάστημα.

Θα θέλαμε επίσης να ευχαριστήσουμε τον Επίκουρο Καθηγητή Κύριο Σφακιωτάκη Μιχάλη, για την πολύτιμη βοήθειά του κατά το στάδιο του προγραμματισμού, και που απεδέχθη να γίνει επιβλέπων καθηγητής αυτής της πτυχιακής εργασίας μετά την συνταξιοδότηση του Κ Μηναδάκη Ιωάννη.

Τέλος δεν θα μπορούσαμε να μην ευχαριστήσουμε και τους Συναδέλφους και φίλους μας Δαμπαλάκη Δημήτριο και Καστρινάκη Μιχάλη οι οποίοι μας βοήθησαν να εξοικονομήσουμε χρόνο κατά το τελικό στάδιο της εργασίας.

Ευχαριστούμε Πολύ

Γεωργαλλής Ιωάννης – Βαλάντης

Αλεξόπουλος Κώστας

Ηράκλειο 2013

Πίνακας περιεχομένων

1. Εισαγωγή	8
1.1.Γενικά περί Αιολικής Ενέργειας	8
1.2.Η Αιολική ενέργεια παράγει ηλεκτρισμό	9
1.3.Αιολικά πάρκα στην Ελλάδα	12
1.4.Αρχή λειτουργίας Ανεμογεννητριών	14
1.5.Μικρές Ανεμογεννήτριες	16
1.6.Πρότυπες Ανεμογεννήτριες	20
1.7.ΑΛΚΥΟΝΙΣ 1KW (χαμηλής ισχύος) ανεμογεννήτρια	21
2. Αναλογικός Πίνακας Ανεμογεννήτριας	25
2.1.Περιγραφή Λειτουργίας.....	25
2.2.Σχηματικό αναλογικού πίνακα.....	26
2.3.Προβλήματα αναλογικού πίνακα	28
3. Ψηφιακός Πίνακας Ελέγχου	29
3.1.Προδιαγραφές συστήματος.....	29
3.2.Περιγραφή ψηφιακού πίνακα	32
3.3.Κύρια μονάδα - Μικροελεγκτής.....	33
3.4.Πρωτόκολλο επικοινωνίας I2C.....	38
3.5.Ρολόι μέτρησης πραγματικού χρόνου	40
3.6.Οθόνη υγρών κρυστάλλων	42
3.7.Περιγραφή διακοπτηκών στοιχείων IGBTs	47
3.8.Αισθητήρας ανίχνευσης φάσεων - συχνότητας	51
3.9.Αισθητήριο μέτρησης ρεύματος.....	54
3.10. Αισθητήριο μέτρησης τάσης.....	56
3.11. Αισθητήριο μέτρησης ρεύματος ουράς	59
3.12. Αισθητήριο μέτρησης θερμοκρασίας.....	60
3.13. Έλεγχος κινητήρα ουράς.....	61
3.14. Μονάδα προγραμματισμού STK200	62
3.15. Σενάρια λειτουργίας Ψηφιακού Πίνακα	64
3.16. Λειτουργίες Πίνακα / Μενού Λειτουργίας	69

4. Προγραμματισμός Μικροελεγκτή – Γλώσσα C	74
5. Προσομοίωση Κυκλώματος	75
6. Σχεδιασμός Κυκλώματος.....	77
6.1. Παρουσίαση Altium Designer 10	78
7. Κοστολόγιο κατασκευής	84
8. Δυνατότητες επέκτασης	85
9. Κώδικας Μικροελεγκτή	86
10. Παράρτημα	109
10.1. Βιβλιογραφία	109
10.2. Datasheets Υλικών	110
10.3. Σχηματικά πλακετών – PCBs - Φωτογραφίες	138

Σύντομη Περιγραφή Πτυχιακής Εργασίας

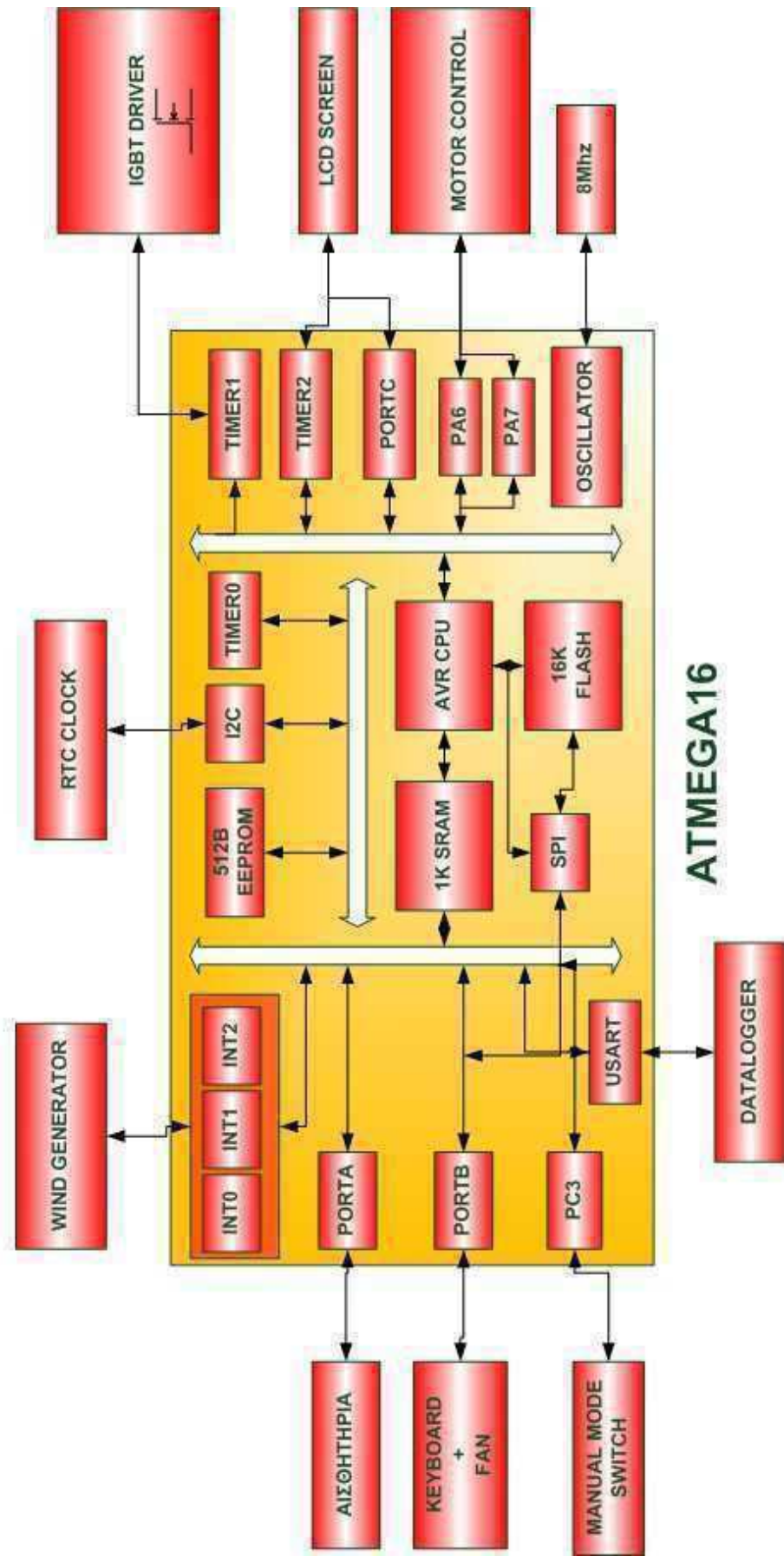
Η παρούσα εργασία είναι μία πτυχιακή εργασία η οποία αντλεί το θέμα της συνδυάζοντας αρκετές από τις θεματικές ενότητες του τμήματος ηλεκτρολογίας του ΤΕΙ Ηρακλείου. Το αντικείμενο της εργασίας εστιάζει κυρίως στα ηλεκτρονικά, τους μικροϋπολογιστές, την τεχνολογία μετρήσεων, την προσομοίωση και ασφαλώς την ηλεκτρολογία. Πρόκειται για την δημιουργία ενός ψηφιακού πίνακα ελέγχου μικρών ανεμογεννητριών.

Επιχειρώντας μία συνοπτική περιγραφή, μπορούμε να πούμε ότι αναλαμβάνει την μέτρηση φυσικών μεγεθών (τάση, ρεύμα και στροφές) και αφού τα επεξεργαστεί με την βοήθεια ολοκληρωμένων κυκλωμάτων και μικροελεγκτή, επιδρά στο σύστημα (ανεμογεννήτρια και μπαταρία) με σκοπό την ομαλή του λειτουργία και την προστασία της ανεμογεννήτριας και των μπαταριών.

Summary

The present project is a graduate dissertation that combines several sections from the department of electrical engineering of the Technological Institute of Heraklion, Crete. The subject of this project focuses mainly on electronics, microprocessors, technology of measuring, simulation and of course on electrical engineering. The main subject is about the construction of a digital control panel which controls low power wind turbines . By attempting a short description, we could say that this module undertakes the measuring of physical quantities (voltage, current, rpm) and after processing them, with the assistance of intergraded circuits and a microcontroller, reacts on the system,(wind turbine and batteries) in order to adjust it's operation and to secure the protection of the wind turbine and it's batteries.

Block Διάγραμμα Κατασκευής



1.1 Γενικά περί αιολικής ενέργειας

Από τότε που ο άνεμος άρχισε να φυσά πάνω από τη στεριά και τη θάλασσα, οι άνθρωποι κατάλαβαν ότι θα μπορούσαν να εκμεταλλευτούν την ορμή του για διάφορες καθημερινές ανάγκες. Αρχικά ο άνεμος κινεί μικρές βάρκες, αργότερα μεγαλύτερα ιστιοφόρα και τέλος τεράστια εμπορικά πλοία, τα οποία άρχισαν να φέρνουν όλο και πιο γρήγορα ανθρώπους και εμπορεύματα σε κάθε γωνιά της γης. Με τη βοήθεια του ανέμου, ο άνθρωπος μπόρεσε να κάνει αρκετές εργασίες πιο εύκολες και περισσότερο αποδοτικές, όπως για παράδειγμα το άλεσμα του σιταριού με τους ανεμόμυλους, η άντληση του νερού από πηγάδια κτλ.

Ο άνεμος εμφανίζεται περισσότερο στις περιοχές της εύκρατης ζώνης της γης και η ταχύτητά του μεταβάλλεται ανάλογα με το ύψος από την επιφάνεια της Γης. Έτσι η ταχύτητα χαμηλά στη Γη είναι μικρότερη από ότι ψηλότερα. Θεωρητικά η μέγιστη ισχύς που μπορούμε να πάρουμε εκμεταλλευόμενοι τη ροή του ανέμου δίνεται από τον τύπο που διατύπωσε ο Betz:

$$N = 0,37 (u/10)^3$$

Όπου:

N : η ισχύς σε KW/m *kol* u : η ταχύτητα του ανέμου σε m/sec.

Πρακτικά, από την παραπάνω ισχύ εκμεταλλευόμαστε το 35 - 50% λόγω του βαθμού απόδοσης του έλικα και των άλλων απωλειών που υπεισέρχονται στο σύστημα ηλεκτροπαραγωγής. Έτσι ο παραπάνω τύπος γίνεται:

$$P = 0,16 (v/10)^3$$

Όπου:

P : η ωφέλιμη ισχύς σε KW/m *ko* / u : η ταχύτητα του ανέμου σε m/sec.

Με την τεχνολογική πρόοδο, η αιολική ενέργεια αντικαταστάθηκε σταδιακά από άλλες μορφές ενέργειας, την ηλεκτρική, τη θερμική (μηχανές εσωτερικής καύσης) και σε μικρότερο ποσοστό από την πυρηνική. Η αύξηση όμως στη ζήτηση ενέργειας μεταπολεμικά,

οδήγησε ορισμένες τεχνολογικά ανεπτυγμένες χώρες στην κατάστρωση προγραμμάτων για περαιτέρω εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας.

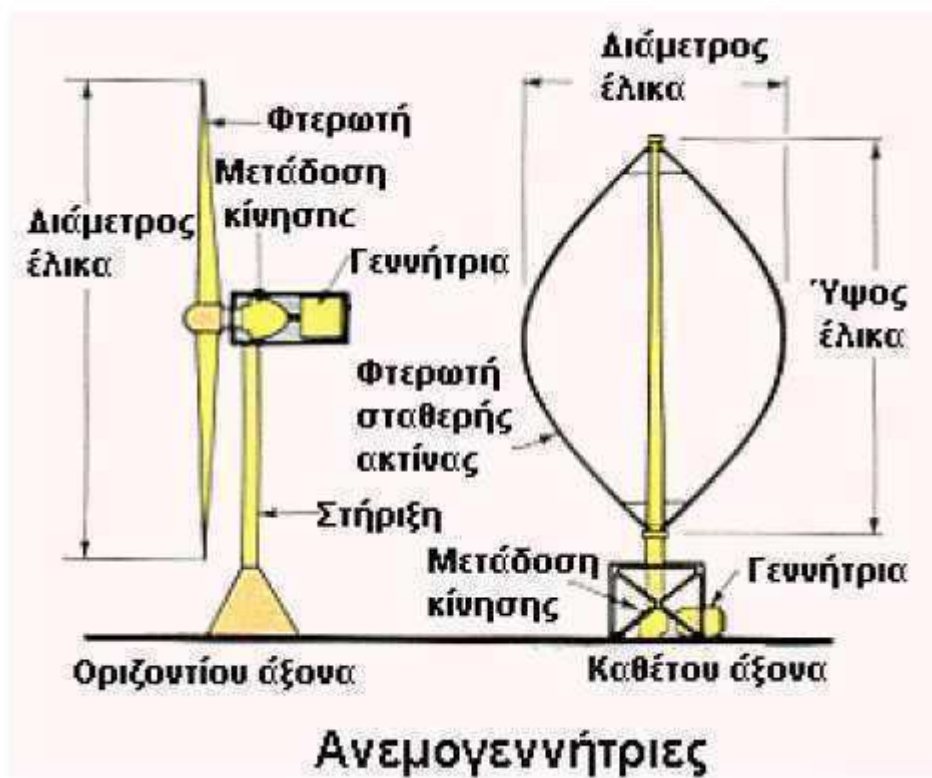
1.2 Η αιολική ενέργεια παράγει ηλεκτρισμό

Όταν ανακαλύφθηκε ο ηλεκτρισμός, σε πολλά μέρη δεν ήταν (και δεν είναι ακόμη) εύκολη η χρήση του πετρελαίου ή του άνθρακα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Παρόλα αυτά ο άνεμος εξακολουθεί να φυσά ακατάπαυστα. Έτσι, καθώς η χρήση του ηλεκτρισμού και επομένως και η εξάρτηση του ανθρώπου από τις εφαρμογές του, αυξήθηκε με αλματώδεις ρυθμούς, ήρθε η βοήθεια του ανέμου με τη μορφή της ανεμογεννήτριας.

Οι ανεμογεννήτριες είναι διατάξεις οι οποίες λειτουργούν με την βοήθεια του ανέμου ως εξής:

Μεγάλοι πύργοι έχουν στην κορυφή τους έλικες οι οποίοι, όταν φυσά αέρας, περιστρέφονται και έτσι βάζουν σε λειτουργία γεννήτριες συνεχούς ή εναλλασσόμενου ρεύματος. Οι γεννήτριες καθώς περιστρέφονται παράγουν ηλεκτρική ενέργεια η οποία μπορεί να αποθηκευτεί σε συσσωρευτές ή διασυνδεδεμένη με το τοπικό δίκτυο διανομής να μεταφερθεί απευθείας στους τόπους της κατανάλωσης.

Η μετατροπή αυτή της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε μηχανική και στη συνέχεια σε άλλες χρήσιμες μορφές μπορεί να γίνει είτε με ανεμοκινητήρα οριζόντιου άξονα περιστροφής, είτε με ανεμοκινητήρα κατακόρυφου άξονα.



Εικόνα 1

Στις ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα διακρίνουμε δύο είδη: τις δίπτερες και τις τρίπτερες.

- Οι τρίπτερες, με ρότορα μικρότερο των 10 μέτρων, έχουν τη δυνατότητα εκμετάλλευσης ασθενούς αιολικού δυναμικού.
- Στις μηχανές μεγάλου μεγέθους επικρατούν οι δίπτερες, με κόστος κατασκευής και συντήρησης μικρότερο απ' αυτό των τρίπτερων αντίστοιχου μεγέθους.

Ανεμογεννήτρια: η μετατροπή της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε μηχανική και στη συνέχεια σε ηλεκτρική.

Η πρώτη μεγάλη ανεμογεννήτρια, γνωστή ως Smith -Putman σχεδιάσθηκε και εγκαταστάθηκε στη πολιτεία του Βερμόντ στις ΗΠΑ στα τέλη της δεκαετίας του '30 και οι δοκιμές της έγιναν στις αρχές της δεκαετίας του '40. Επρόκειτο για μία δίπτερη ανεμογεννήτρια με διάμετρο περιστροφής 53 μέτρα, ισχύ 1250 W και στηριζόταν σε πύργο ύψους 33,5 μέτρων.

Το σύγχρονο ενδιαφέρον, με κρατική χρηματοδότηση, άρχισε στις ΗΠΑ το 1973. Το πρόγραμμα της πρώτης μεγάλης Α/Γ, με τον κωδικό Mod-0, ανατέθηκε στη NASA και περιλάμβανε τη σχεδίαση, κατασκευή και δοκιμή μιας Α/Γ ισχύος 100 KW με διάμετρο δρομέα 38 μέτρα. Σκοπός του προγράμματος αυτού ήταν η εξαγωγή πληροφοριών και συμπερασμάτων για την εκπόνηση ενός ευρύτερου προγράμματος αιολικής ενέργειας.

Η σύγχρονη τεχνολογία χρήσης της αιολικής ενέργειας ξεκίνησε με μικρές ανεμογεννήτριες δυναμικότητας 20 ως 75 KW. Σήμερα χρησιμοποιούνται ανεμογεννήτριες δυναμικότητας από 200 ως 2.000 KW. Δυστυχώς, η κατασκευή μηχανών της τάξεως Μεγαβάτ δεν κατάφερε να ενταχθεί στο οικονομικά και κατασκευαστικά βιώσιμο κατεστημένο. Η οικονομική υποστήριξη της κατασκευής μηχανών αυτής της κατηγορίας είναι πλέον εφικτή μόνο μέσα από Ευρωπαϊκά προγράμματα.

Η μελέτη ενός συστήματος ανεμογεννήτριας, περιλαμβάνει την αεροδυναμική σχεδίαση και τη μελέτη εφαρμογής, στην οποία εντάσσονται η μηχανολογική μελέτη και σχεδίαση, η μελέτη του ηλεκτρολογικού συστήματος και τα ηλεκτρολογικά συστήματα ελέγχου και ασφαλείας. Η αεροδυναμική σχεδίαση αποτελεί προϋπόθεση για τον σχεδιασμό ενός συστήματος δέσμευσης και μετατροπής της ενέργειας του ανέμου, ενώ η ηλεκτρομηχανολογική μελέτη είναι το αμέσως επόμενο και αναγκαίο στάδιο για την υλοποίηση ενός τέτοιου συστήματος, κατά τον αποδοτικότερο και πλέον συμφέροντα τεχνοοικονομικό τρόπο .

Υπολογίζεται ότι το 2% της ενέργειας του Ήλιου που φτάνει στη Γη μετατρέπεται σε άνεμο (με τις διαφορές πίεσης που προξενούν οι αυξομειώσεις της θερμοκρασίας στην ατμόσφαιρα), δηλαδή $2,6 \times 10^{15}$ KWh το χρόνο ποσότητα 500 φορές μεγαλύτερη από τη σημερινή παγκόσμια κατανάλωση. Πρακτικά το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας αυτής είναι απρόσιτο , αλλά μπορεί να γίνει εκμετάλλευση 1.000.000 KWh περίπου το χρόνο, που είναι η μισή παγκόσμια υδροηλεκτρική ενέργεια.

Ο άνεμος προσφέρεται καλύτερα για εκμετάλλευση σε ύψος μερικών δεκάδων μέτρων από την επιφάνεια της Γης, όπου η ταχύτητα είναι μεγαλύτερη και η ροή είναι πιο ομαλή. Έτσι, περισσότερο ενδιαφέρον, για την εκμετάλλευση του αιολικού δυναμικού τους, έχουν οι περιοχές με υψηλές μέσες ταχύτητες ανέμου. Ενδεικτικά θα αναφέρουμε ότι ένα πάρκο ανεμογεννητριών, το οποίο σε ταχύτητα 8m/sec αποδίδει 1600KW, σε ταχύτητα 4m/sec αποδίδει μόνο 200 KW. Σημαντικό ρόλο

παίζει ο τόπος εγκατάστασης των ανεμογεννητριών. Η ύπαρξη ανωμαλιών του εδάφους, κτιρίων, δέντρων ή εμποδίων γενικά μπορεί να δημιουργήσει στροβιλισμούς και να μειώσει την *αποδοτικότητα*. Πριν την επιλογή της περιοχής απαιτείται μελέτη στατιστικών μετεωρολογικών δεδομένων για τις κατευθύνσεις των κυρίαρχων ανέμων για περίοδο ενός χρόνου.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από αιολικά πάρκα είναι πολύ εύκολη, με μικρό κόστος και κυρίως δεν επιβαρύνεται το περιβάλλον με τα κατάλοιπα της καύσης, για παράδειγμα, του άνθρακα ή του πετρελαίου, ούτε με επικίνδυνα πυρηνικά απόβλητα και βέβαια δεν υπάρχουν κίνδυνοι για τους εργαζόμενους στις εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τον άνεμο όπως υπάρχουν στους πυρηνικούς ή θερμοηλεκτρικούς σταθμούς. Για αυτούς τους λόγους οι επιστήμονες προσπαθούν να βρουν συνεχώς όλο και πιο αποτελεσματικές διατάξεις εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας ώστε να αυξήσουν την απόδοση των ανεμογεννητριών, να διασφαλίσουν (από υπερφορτίσεις, ισχυρούς ανέμους κτλ) τις μηχανές τους αλλά και να μειώσουν το κόστος κατασκευής τους.

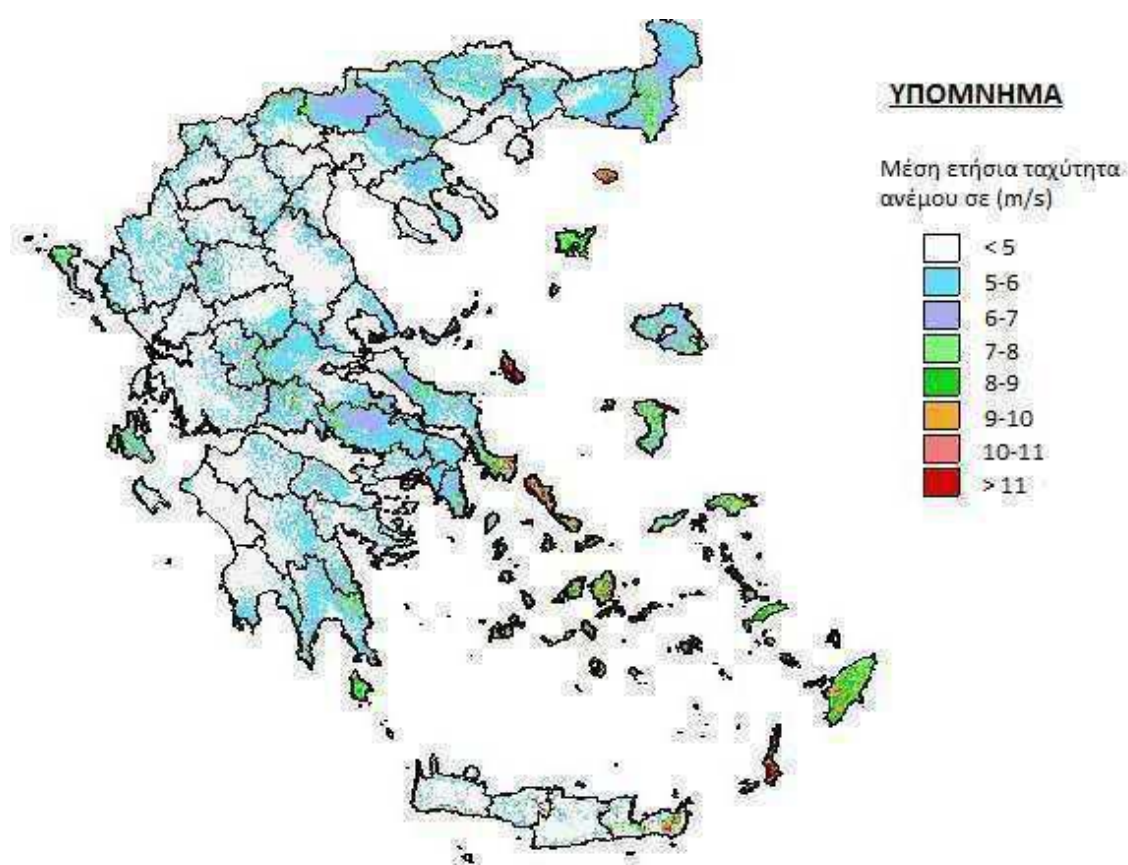
Θεωρητικά, η αξιοποίηση του αιολικού δυναμικού της Ευρώπης στο μέγιστο θα μπορούσε να καλύψει όλες τις ανάγκες για ηλεκτρική ενέργεια. Στην Ευρώπη, στις αρχές του 1999, πάνω από 6600MW κάλυψαν τις ανάγκες 7 εκατομμυρίων ανθρώπων ενώ η ενέργεια αυτή αυξήθηκε στο τέλος του 2000 σε 12769 MW.

1.3 Αιολικά Πάρκα στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα, όπου ο αέρας σε πολλά μέρη δεν σταματά σχεδόν ποτέ, και λόγω πλήθους μικρών και μεγάλων νησιών είναι δύσκολη η διασύνδεση του δικτύου διανομής, η χρήση της αιολικής ενέργειας φαντάζει ως η πιο συμφέρουσα και Εφικτή λύση ηλεκτροδότησης. Απομακρυσμένα νησιά και οικισμοί σε μέρη όπου υπάρχουν κατάλληλες εκτάσεις για την άνετη τοποθέτηση των συστημάτων των ανεμογεννητριών μπορούν να ηλεκτροδοτηθούν από ανεξάρτητα συστήματα ανεμογεννητριών.

Η σκέψη για εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα ξεκίνησε με μετρήσεις αιολικού δυναμικού της ΔΕΗ /ΔΕΜΕ το 1975

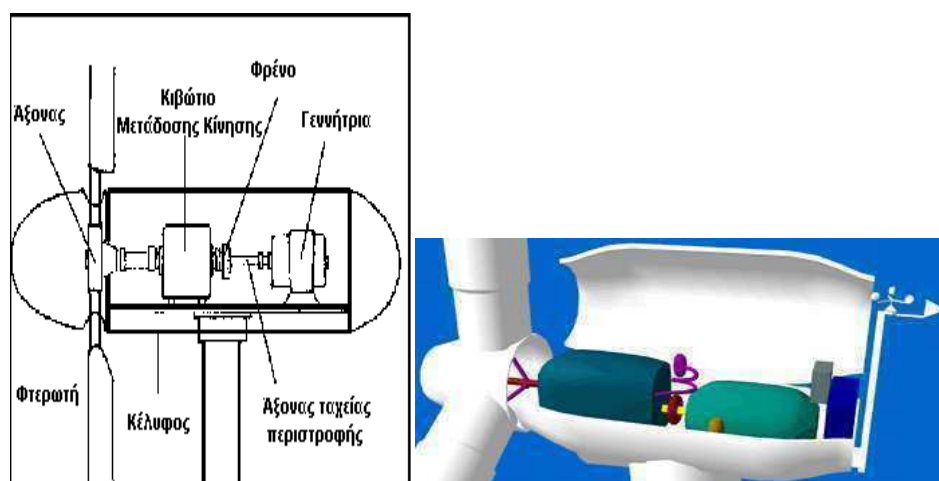
Στα νησιά του Αιγαίου, στην Κρήτη και στην Αν. Στερεά Ελλάδα οι μέσες ταχύτητες ανέμου είναι 6 - 7 m/sec, με αποτέλεσμα το κόστος της παραγόμενης ενέργειας με χρήση ανεμογεννητριών να είναι ιδιαίτερα ικανοποιητικό, γι' αυτό παρατηρείται τα τελευταία χρόνια ανάπτυξη έργων εκμετάλλευσης στις περιοχές αυτές.



Εικόνα 2: Αιολικός Χάρτης Ελλάδας

1.4 Αρχή λειτουργίας Ανεμογεννητριών

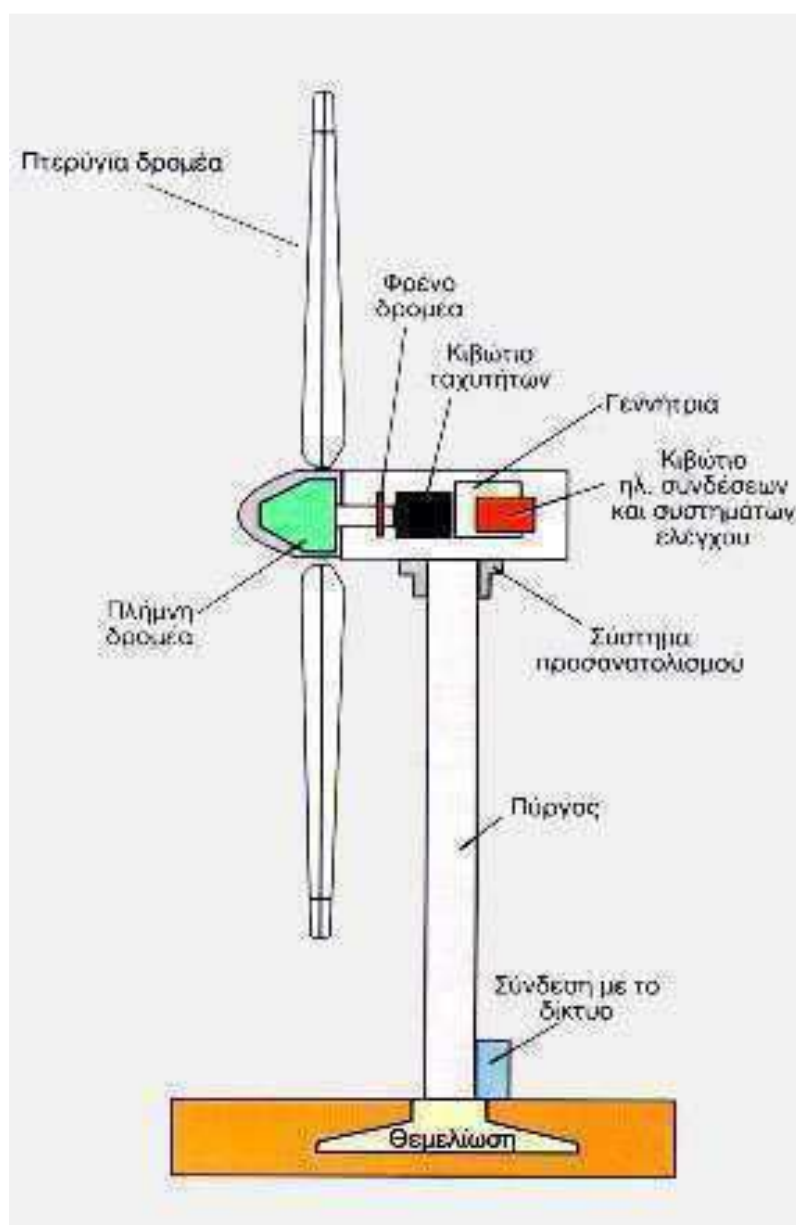
Ο άνεμος περιστρέφει τα πτερύγια μιας ανεμογεννήτριας, τα οποία είναι συνδεδεμένα με ένα περιστρεφόμενο άξονα. Ο άξονας περνάει μέσα σε ένα κιβώτιο μετάδοσης της κίνησης όπου αυξάνεται η ταχύτητα περιστροφής. Το κιβώτιο συνδέεται με έναν άξονα μεγάλης ταχύτητας περιστροφής ο οποίος κινεί μια γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Αν η ένταση του ανέμου ενισχυθεί πάρα πολύ, η τουρμπίνα έχει ένα φρένο που περιορίζει την υπερβολική αύξηση περιστροφής των πτερυγίων για να περιοριστεί η φθορά της και να αποφευχθεί η καταστροφή της.



Εικόνα 3: Μηχανικά μέρη μιας ανεμογεννήτριας

Η ταχύτητα του ανέμου πρέπει να είναι περισσότερο από 15 km/h για να μπορέσει μια κοινή τουρμπίνα να παράγει ηλεκτρισμό. Συνήθως παράγουν 50-300 Kw η κάθε μία. Ένα Kw ηλεκτρικού ρεύματος μπορεί να ανάψει 100 λάμπες των 100w. Καθώς η γεννήτρια περιστρέφεται παράγει ηλεκτρισμό με τάση 25.000 volt. Το ηλεκτρικό ρεύμα περνάει πρώτα από ένα μετασχηματιστή στην ηλεκτροπαραγωγική μονάδα ο οποίος ανεβάζει την τάση του στα 400.000 volt. Όταν το ηλεκτρικό ρεύμα διανύει μεγάλες αποστάσεις είναι καλύτερα να έχουμε υψηλή τάση.

Η ισχύς που αποδίδει, κατ επέκταση και η ενέργεια που παράγει, μια ανεμογεννήτρια είναι συνάρτηση του κύβου της ταχύτητας του ανέμου, της πυκνότητας του ανέμου και των τεχνικών χαρακτηριστικών του συγκροτήματος. Η ταχύτητα του ανέμου αυξάνει με το ύψος και γι αυτό οι ανεμογεννήτριες τοποθετούνται πάντα στην κορυφή υψηλών πύργων στήριξης. Παρ' όλα αυτά οι θεωρητικοί υπολογισμοί δείχνουν ότι για την παραγωγή ωφέλιμου έργου μπορεί να αξιοποιηθεί μόνο το 53,9% της συνολικής ενέργειας του ανέμου.



Εικόνα 4

Η ανεμογεννήτρια οριζοντίου άξονα (**Εικόνα 1**) με πτερύγια ανταποκρίνεται στις μεταβολές ταχύτητας του ανέμου με αυτόματη αλλαγή της κλίσης των πτερυγίων. Ο άξονας της παραλληλίζεται αυτόματα προς τη διεύθυνση του ανέμου έτσι ώστε ο άνεμος να προσβάλλει κάθετα την επιφάνεια που διαγράφουν τα πτερύγια. Μ' αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται τελικά η βέλτιστη παραγωγή ενέργειας από το άνεμο με συντελεστή μέχρι 46 έως 48% και εξασφαλίζονται ικανοποιητικά όρια στα χαρακτηριστικά της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Η μηχανική ισχύς που αναπτύσσεται στον άξονα των πτερυγίων από τον άνεμο μεταδίδεται στην ηλεκτρική γεννήτρια με τις κατάλληλες στροφές. Η γεννήτρια, που μπορεί να είναι σύγχρονη ή ασύγχρονη, παράγει την ηλεκτρική ενέργεια και τροφοδοτεί την κατανάλωση.

Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια είναι χρονικά ασυνεχής, επειδή ακολουθεί τη δίαιτα του ανέμου, ενώ η ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας εξαρτάται από τις ώρες της ημέρας, την εποχή, την οικονομική και κοινωνική δομή των καταναλωτών, κτλ. Το αποτέλεσμα είναι στις ανεμογεννήτριες να παρουσιάζονται σημαντικές ταλαντώσεις ισχύος ακόμη και σε μικρά χρονικά διαστήματα, ενώ όταν επικρατεί άπνοια ή πολύ ισχυρός άνεμος παύει η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Για τον σχεδιασμό ενός αυτόνομου αιολικού ηλεκτρικού συστήματος θα πρέπει να προβλεφθεί αποθήκευση. Ο συνηθέστερος τρόπος είναι η εγκατάσταση συσσωρευτών, αλλά στο μέλλον ίσως χρησιμοποιηθούν και άλλες μέθοδοι, όπως υδροδυναμική εκμετάλλευση, πεπιεσμένου αέρα, παραγωγή υδρογόνου, κλπ.

1.5 Μικρές Ανεμογεννήτριες

Στο Εργαστήριο Αιολικής Ενέργειας και Σύνθεσης Ενεργειακών Συστημάτων του ΤΕΙ Κρήτης από την στιγμή της ίδρυσής του, είχε ως κύριο στόχο την έρευνα και ανάπτυξη μικρών ανεμογεννητριών. Από την αρχή η προσπάθεια αυτή βρήκε την απαραίτητη ανταπόκριση από τα μέλη του εργαστηρίου, διαγράφοντας μία πορεία ιδιαίτερα δημιουργική και εποικοδομητική.

Αρχικά σχεδιάστηκαν και αναπτύχθηκαν διάφορα μικρά συστήματα ανεμογεννητριών με σκοπό κυρίως την εξοικείωση των σπουδαστών με το θέμα αυτό. Αμέσως έγινε εμφανής η αποδοχή και η υποστήριξη από τους σπουδαστές προωθώντας την εις βάθος ενασχόληση του εργαστηρίου με το εν λόγω αντικείμενο. Οι πρώτες ανεμογεννήτριες έκαναν δειλά την εμφάνισή τους στηριζόμενες σε τάσεις της εποχής καθώς και σε πρωτότυπες ιδέες. Μοντέλα κυρίως οριζόντιου άξονα ήταν το προϊόν της πρώτης αυτής περιόδου.



Εικόνα 5

Τα μοντέλα αυτά άρχισαν σταδιακά να βελτιώνονται αλλά και να αυξάνονται μιας και διαρκώς ερευνούνταν και υλοποιούνταν νέες ιδέες και τεχνολογίες. Ένας αριθμός ανεμογεννητριών εγκαταστάθηκε στο χώρο του εργαστηρίου όπου η παρατήρηση και μελέτη της συμπεριφοράς τους οδήγησε στον καθορισμό των μεθόδων που συνθέτουν ένα αρμονικό σύστημα παραγωγής ενέργειας από τον άνεμο.

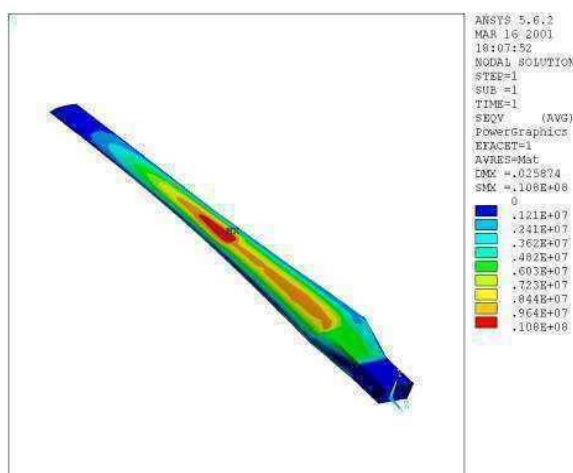


Εικόνα 6

Την ίδια στιγμή μοντέλα διαφορετικών τεχνοτροπιών αναπτύχθηκαν εξασφαλίζοντας μια εκτενή και σφαιρική τεχνογνωσία του συγκεκριμένου ερευνητικού πεδίου. Ανεμογεννήτριες με χρήση άρθρωσης στον ρότορα αυτών, συστήματα με την εφαρμογή ιστίων έναντι πτερυγίων κ.α. είναι διάφορες τάσεις που προωθήθηκαν.

Εν συνεχεία το εργαστήριο με επιχορηγήσεις ερευνητικών προγραμμάτων δημιούργησε υποδομή ώστε να καθίσταται εφικτή η δοκιμή και μέτρηση των τμημάτων που απαρτίζουν ένα σύστημα ανεμογεννήτριας.

Με αυτό τον τρόπο η έρευνα των μικρών ανεμογεννητριών προχώρησε ένα βήμα μπροστά δημιουργώντας πρακτικότερα και αποδοτικότερα μοντέλα. Τη σειρά είχε η μελέτη των πτερυγώσεων (**Εικόνα 7**) η οποία πραγματοποιείται με κατάλληλα λογισμικά.



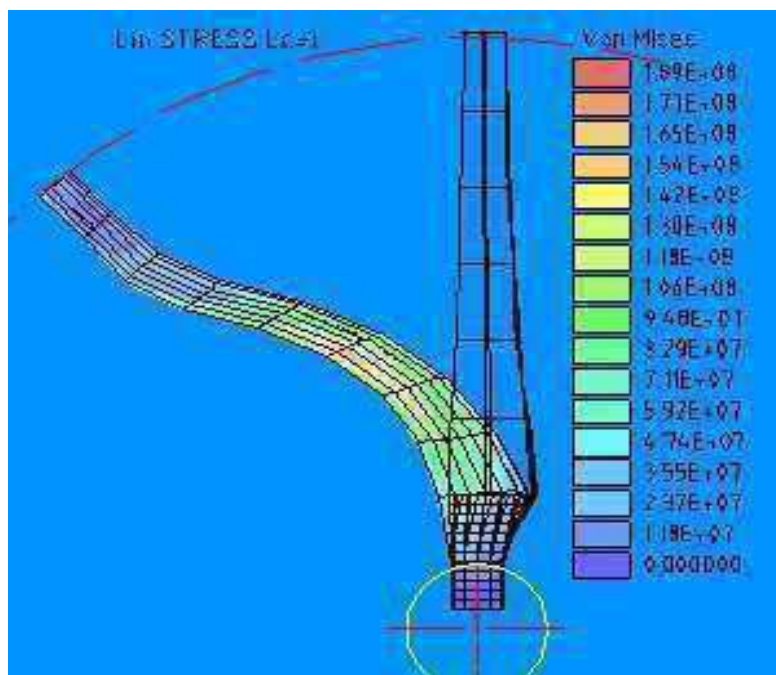
Εικόνα 7

Το επόμενο στάδιο ήταν η βελτιστοποίηση των πτερυγίων που χρησιμοποιούνταν στις ανεμογεννήτριες του εργαστηρίου. Τα νέα πτερύγια είχαν πλέον βελτιστοποιημένο τον λόγο αντοχής/βάρους, μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο τα φορτία που αναπτύσσονταν χωρίς λόγο στους ρότορες των ανεμογεννητριών.



Εικόνα 8

Ακολούθησε η πρωτοτυπία σε θέματα γεωμετρίας πτερύγων & ελέγχου του συστήματος ανεμογεννήτριας με την δημιουργία των παθητικών πτερυγώσεων. Η έννοια του παθητικού αεροελαστικού σχεδιασμού εισήχθη στα πτερύγια που αναπτύσσονται στο εργαστήριο. Οι πτέρυγες αυτές καινοτομούν με την απλότητα του τρόπου λειτουργίας τους αλλά και την απόδοσή τους.



Εικόνα 9

Στη συνέχεια στα πλαίσια των Ευρωπαϊκών προγραμμάτων ALTENER και LEADER II αναπτύχθηκε μία σειρά βιομηχανικών πρότυπων ανεμογεννητριών και πραγματοποιήθηκε η εγκατάσταση τέτοιων συστημάτων σε διάφορα σημεία της Κρήτης.

1.6 Πρότυπες Ανεμογεννήτριες

Το εργαστήριο, έχει αναπτύξει ένα μεγάλο αριθμό ανεμογεννητριών, μερικές εκ των οποίων αποτελούν βιομηχανικά πρότυπα. Τα μοντέλα ΑΛΚΥΟΝΙΣ 1kW και ΦΑΛΑΡΙΣ 3kW αναπτύχθηκαν στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού προγράμματος LEADER II και βασίστηκαν στην θεωρητική και πειραματική υποδομή του εργαστηρίου. Τα συστήματα αυτά αποθηκεύουν ενέργεια σε μπαταρίες και έγιναν γρήγορα αποδεκτά από την τοπική αγορά όπου και έχει εγκατασταθεί ένας μεγάλος αριθμός αυτών. Σήμερα έχει ολοκληρωθεί και το μοντέλο ανεμογεννήτριας 5 kW με δυνατότητα σύνδεσης στο δίκτυο της ΔΕΗ μέσω ειδικού Inverter. Το μοντέλο αυτό βρίσκεται σε δοκιμαστική λειτουργία.

1.7 Ανεμογεννήτρια ΑΛΚΥΟΝΙΣ 1KW

Το σύστημα ΑΛΚΥΟΝΙΣ 1KW (Εικόνα 11) , που είναι μια μικρή ανεμογεννήτρια με ουρά μοντέρνας σχεδίασης, έχει αναπτυχθεί στηριζόμενο σε εφαρμογές υψηλής τεχνολογίας, καθιστώντας το, σύστημα υψηλής απόδοσης και ακρίβειας. Έχει σχεδιαστεί να φορτίζει συσσωρευτές και να τροφοδοτεί συσκευές και εγκαταστάσεις τάσεως 24 VDC με ιδιαίτερα ευέλικτο τρόπο.



Εικόνα 10

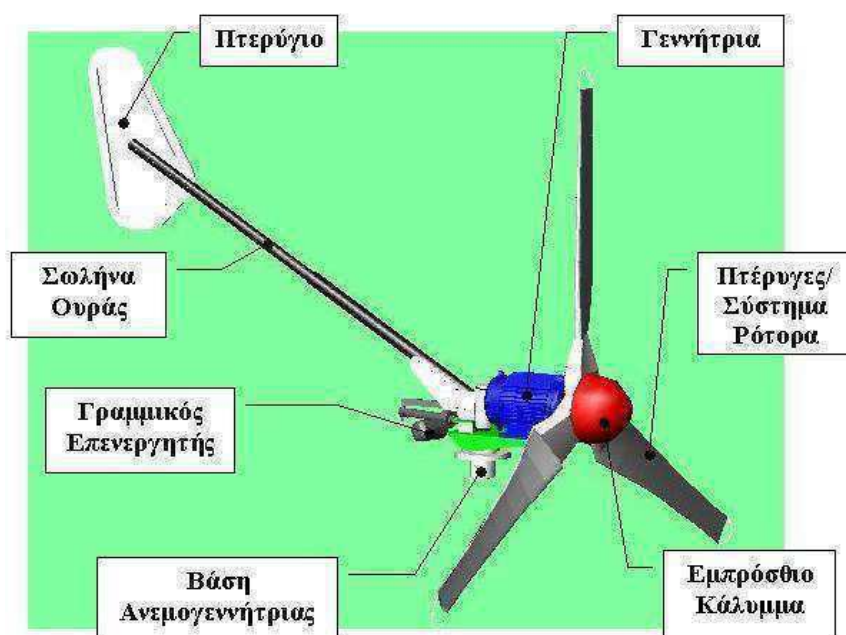
Αποτελείται από μια ανεμογεννήτρια με διάμετρο πτερυγίων 2.46 m , βάρους 65 κιλών, και ονομαστική ισχύ 1000 watt και ένα ελεγκτή συστήματος πολλαπλών λειτουργιών, το ΑΛΚΥΟΝΙΣ σύστημα ελέγχου. Η ανεμογεννήτρια ΑΛΚΥΟΝΙΣ 1 kW παρέχει υψηλή απόδοση σε χαμηλές ταχύτητες ανέμου, και ιδιαίτερα χαμηλό θόρυβο καθ' όλο το εύρος

ταχυτήτων. Ωστόσο το ΑΛΚΥΟΝΙΣ σύστημα ελέγχου βοηθάει την ανεμογεννήτρια ΑΛΚΥΟΝΙΣ 1 kW να αυξάνει την απόδοση και να προσαρμόζει εύκολα το όλο σύστημα στις συγκεκριμένες απαιτήσεις του χώρου τοποθέτησης του χρήστη. Η ανεμογεννήτρια ΑΛΚΥΟΝΙΣ 1 kw προσφέρεται με τον προαιρετικό πυλώνα, ο οποίος υφίσταται σε ύψη που κυμαίνονται από 10 έως 12 m .



Εικόνα 11

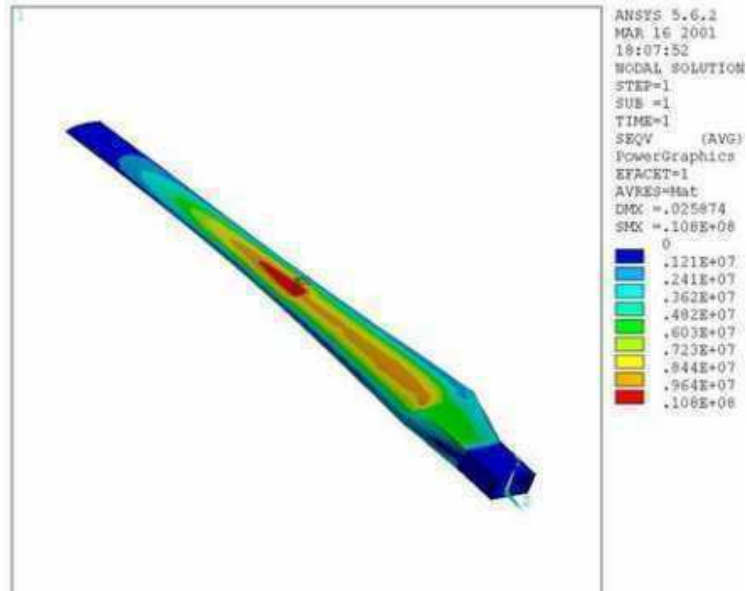
Τα κυρίως τμήματα της ανεμογεννήτριας ΑΛΚΥΟΝΙΣ 1 kW φαίνονται στην (Εικόνα 12.)



Εικόνα 12

A. Πτέρυγες /σύστημα ρότορα

Το σύστημα του ρότορα αποτελείται από 3 πτέρυγες από υαλόνημα. Οι πτέρυγες μετατρέπουν την αιολική ενέργεια σε περιστροφικές δυνάμεις που μπορούν να στρέψουν μια γεννήτρια. Η ενίσχυση με ύφανση γυαλιού που διαρρέει όλο το μήκος τους, εξασφαλίζει την υψηλή ανθεκτικότητά τους, διατηρώντας το βάρος τους ιδιαίτερα μικρό.



B. Γεννήτρια

Η γεννήτρια της ΑΛΚΥΟΝΙΣ 1 kW είναι ένας πολυπολικός, με μόνιμους μαγνήτες, τριφασικός εναλλακτήρας, που μετατρέπει την ενέργεια που λαμβάνει ο ρότορας σε ηλεκτρισμό.



Γ. Σύστημα ουράς

Το σύστημα ουράς, αποτελούμενο από το σωλήνα της ουράς, το πτερύγιο και ένα γραμμικό επενεργητή, διατηρεί τον ρότορα εντός της ροής του ανέμου σε ταχύτητες κάτω των 14 m / sec . Σε ταχύτητες άνω των 14 m / sec περίπου, το σύστημα ελέγχου ΑΛΚΥΟΝΙΣ, μέσω του γραμμικού επενεργητή, στρέφει το ρότορα εκτός ροής ανέμου για να περιορίσει την ταχύτητα του.



2.1 Περιγραφή Λειτουργίας Παλαιού Αναλογικού Πίνακα

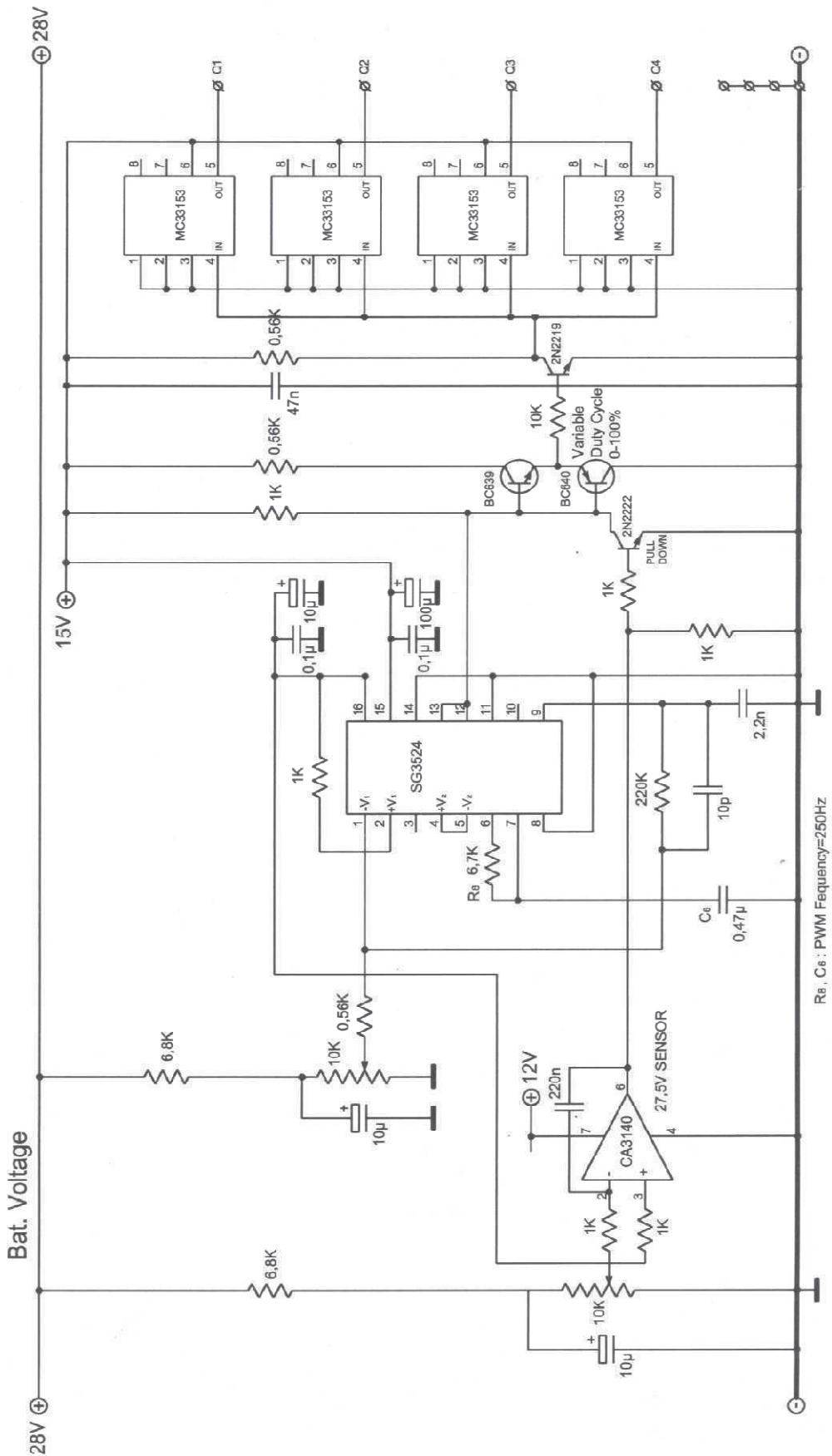
Ουσιαστικά, ο προηγούμενος πίνακας ελέγχου ήταν ένας αναλογικός ρυθμιστής φόρτισης μικρής ανεμογεννήτριας. Έλεγε την κατάσταση της μπαταρίας με σκοπό την προστασία της από υπερφόρτιση.

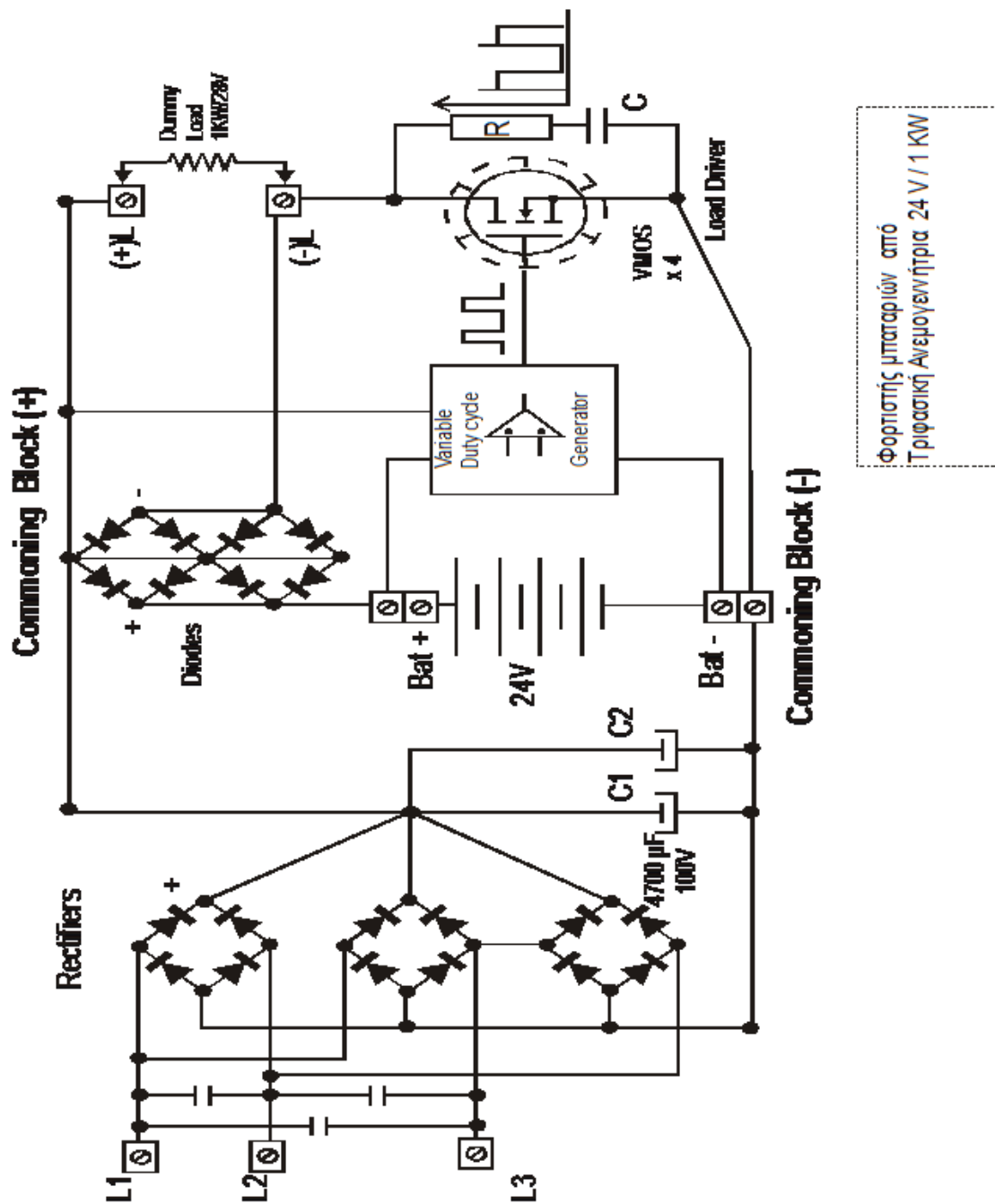
Συγκεκριμένα, όταν η τάση της υπερέβαινε τα 27.7 V ξεκινούσε παραγωγή ενός παλμού PWM της τάξεως των 250 Hz με Duty Cycle 30%, για οδήγηση λειτουργίας παθητικού φορτίου RL μέσω ημιαγωγών ισχύος.

Αν η τάση της μπαταρίας συνέχιζε να αυξάνει και υπερέβαινε τα 27.9V, το Duty Cycle του παλμού οδήγησης των IGBT γινόταν 70%, με σκοπό τη μεγαλύτερη συμμετοχή του παθητικού φορτίου RL στο σύστημα. Έτσι γίνεται φρενάρισμα στη μηχανή και προστατεύεται η μπαταρία.

Αν η τάση στα άκρα της μπαταρίας έφτανε τα 28.1, τότε είχαμε το μέγιστο Duty Cycle και βέβαια το φρενάρισμα της γεννήτριας.

2.2 Σχηματικό παλαιού Αναλογικού Πίνακα



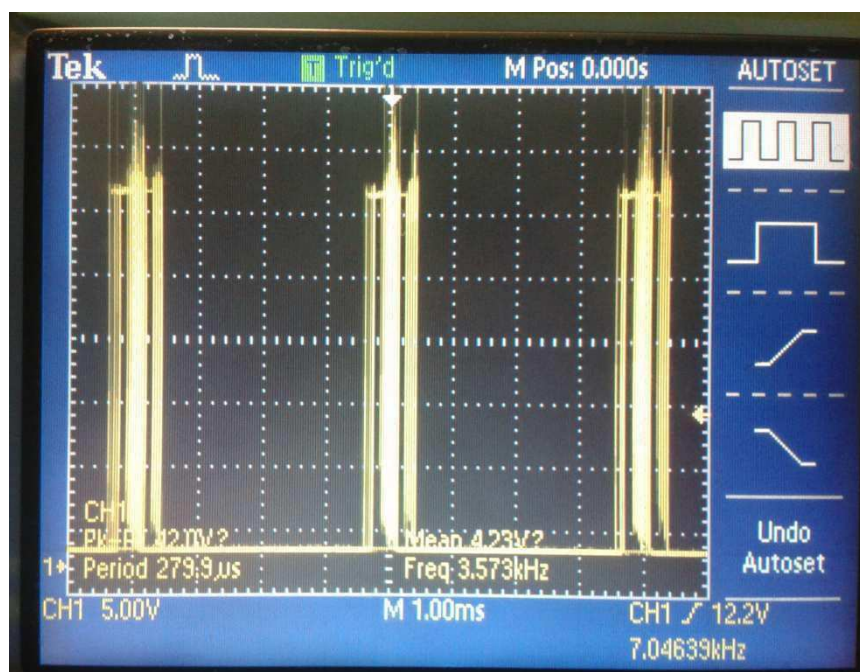


Εικόνα13: Κύκλωμα Πίνακα

2.3 Προβλήματα Αναλογικού Πίνακα

Λόγω του ότι ο συγκεκριμένος Πίνακας πραγματοποιούσε τον έλεγχο της εποπτείας της ανεμογεννήτριας με αναλογικά ηλεκτρονικά, όπως φαίνεται στο παραπάνω σχηματικό κύκλωμα , εμφανίζονταν προβλήματα κατά την οδήγηση των ημιαγωγικών στοιχείων ισχύος (IGBTs or MOSFETs), τα οποία οφείλονταν στην ύπαρξη θορύβου στον παλμό οδήγησής τους . Από τη στιγμή που άνοιγαν τα ημιαγωγικά στοιχεία, ο θόρυβος απλωνόταν στα αναλογικά κυκλώματα και προκαλούσε προβλήματα στην οδήγηση, και ειδικά στον ακροδέκτη της πύλης τους.

Αυτό είχε ως συνέπεια τα ημιαγωγικά στοιχεία να μην λειτουργούν σωστά και να καταπονούνται, με τελικό αποτέλεσμα την καταστροφή τους μετά από λίγες ημέρες λειτουργίας, θέτοντας εκτός λειτουργίας την ανεμογεννήτρια. Αν ο παλμός οδήγησης δεν έχει κάθετες πλευρές (μικρούς χρόνους ανόδου καθόδου) τα ημιαγωγικά στοιχεία υπερθερμαίνονται γιατί καταναλώνουν μεγαλύτερη ισχύ.



Εικόνα 14: Προβληματικός Παλμός Οδήγησης IGBTs

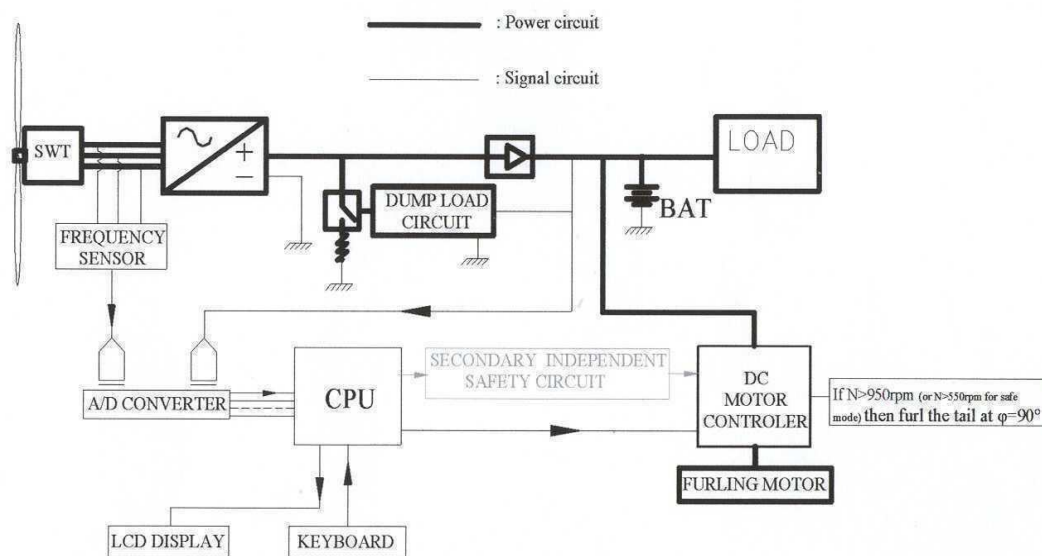
3.1 Προδιαγραφές συστήματος

Βάσει των προδιαγραφών που ορίζουν τα διεθνή και ευρωπαϊκά πρότυπα, προσπαθήσαμε να κατασκευάσουμε ένα αυτόματο σύστημα ελέγχου μικρών αυτόνομων ανεμογεννητριών τάσης 24V, όσο το δυνατόν πιο αξιόπιστο και ασφαλές σε κάθε πιθανή δυσλειτουργία ή ανώμαλη περίπτωση που θα μπορούσε να δημιουργηθεί.

Επιλέξαμε τη χρήση μικροελεγκτή, που μπορεί να παράγει καθαρό παλμό μέσω της διαθέσιμης λειτουργίας PWM. Σχεδιάσαμε και κύκλωμα απομόνωσης θορύβου με οπτική ζεύξη ώστε να ελαχιστοποιήσουμε την μετάδοση του θορύβου.

Ο ψηφιακός πίνακας ελέγχου αναλαμβάνει τη μέτρηση μεγεθών:

- Τάση (V_{BAT}) και ρεύμα (I_{BAT}) της μπαταρίας
- Στροφές της ανεμογεννήτριας (RPM)
- Ρεύμα του κινητήρα της ουράς (I_{tail})
- Θερμοκρασία των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων (T_{igbt})
- Συχνότητα και στις τρεις φάσεις της γεννήτριας (SP_{eed})



Εικόνα 15: Block Διάγραμμα Συστήματος

Τα μεγέθη αυτά απεικονίζονται σε LCD καθώς και η κατάσταση λειτουργίας .

Παρακάτω απεικονίζονται σε πίνακα οι αναλυτικές προδιαγραφές του συστήματος μας, που θεωρείται κατάλληλο μόνο για μηχανές 24V και μέχρι 1,2 kW. Σκοπός χρήσης είναι η φόρτιση μπαταριών 24 V/ 800Ah.

Ονομαστική τάση μπαταριών	24V
Ενδεικνυόμενη ισχύς ανεμογεννήτριας	1000W
Μέγιστη ισχύς ανεμογεννήτριας	1200W
Είδος κινητήρα ανεμογεννήτριας	3~Φ εναλλακτήρας
Είδος Κινητήρα ελέγχου ουράς	Γραμμικός επενεργητής ονομαστικής τάσης 24-36V
Είδος ελέγχου	PWM
Μέγιστο ρεύμα λειτουργίας	60A
Προτεινόμενο Φορτίο: (4 αντιστάσεις)	250W/28V (3,16Ω)
(2 αντιστάσεις)	500W/28V (1,5Ω)
Εμφάνιση καταστάσεων λειτουργίας	LCD
Εισαγωγή δεδομένων	Πληκτρολόγιο 4X4
Κατανάλωση σε ηρεμία	≤20 mA
Θερμοκρασία λειτουργίας	-30~+55οC
Τρόποι Επικοινωνίας	RS232
Χειροκίνητη λειτουργία	Μέσω διακόπτη
Αυτόματη Λειτουργία	Μέσω μικροελεγκτή ATmega16
Μέγεθος κατασκευής (Μ×Π×Υ)	47×26.5×22cm
Βάρος κατασκευής(KG)	12kg

Προαιρετική σύνδεση μέσω σειριακής Rs 232 με κάρτα μνήμης (Sd) για αποθήκευση δεδομένων ανά 1 min.

3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΗΤΡΙΑΣ

Είσοδοι Συστήματος

Όλες οι παράμετροι οι οποίες επηρεάζουν τη λειτουργία του συστήματος θεωρούνται "είσοδοι" για το σύστημα αυτό. Είσοδοι μπορεί να είναι το πάτημα ενός κουμπιού ή η αναλογική τιμή που μετράται από κάποιο αισθητήριο. Ο μικροελεγκτής παρακολουθεί συνεχώς τις εισόδους του, μετρά τις αλλαγές που συμβαίνουν σε αυτές και όταν χρειάζεται, επεμβαίνει με τον τρόπο που έχει προγραμματιστεί έχοντας πάντα ως στόχο την ομαλή και αδιάκοπη λειτουργία και την προστασία του συστήματος.

Συγκεκριμένα το σύστημα που εξετάζουμε έχει τις παρακάτω εισόδους:

- I. Η DC τάση στα άκρα της μπαταρίας. Η τιμή της είναι από 0-35Volt, αλλά για την επεξεργασία της μετατρέπεται σε τάση 0- 5V από ειδικό αισθητήριο.
- II. Το ρεύμα που διαρρέει το κύκλωμα του καταναλωτή. Η ένταση του ρεύματος είναι 0-100A αλλά στην πραγματικότητα το σύστημα μετράει τάση 0-5 V από ειδικό αισθητήριο.
- III. Οι στροφές ανά λεπτό της φτερωτής. Η μέτρηση επιτυγχάνεται με τη βοήθεια Zerocrossing ενώ το σύστημα αντιλαμβάνεται παλμούς (0-5V) κυμαινόμενης συχνότητας.
- IV. Διακόπτης και 2 Μπουτόν για χειρισμό σε manual λειτουργία.

Έξοδοι Συστήματος

Ως έξοδοι του συστήματος χαρακτηρίζονται όλα τα σήματα ή οι συσκευές τα οποίες ελέγχονται από τον μικροελεγκτή. Οι έξοδοι του συστήματος επηρεάζονται άμεσα από τις εισόδους και τροποποιούνται κατάλληλα επιδρώντας στο σύστημα ανεμογεννήτριας - μικροελεγκτή-κυκλώματος.

Οι έξοδοι του Ψηφιακού πίνακα είναι:

- Παλμός PWM. Ο παλμός αυτός παράγεται απευθείας από τον μικροελεγκτή και έχει τη δυνατότητα μεταβλητού εύρους. Σε αυτή ακριβώς την ιδιότητά του

οφείλει και την ονομασία του (Pulse Width Modulator), δηλαδή "Παλμός Μεταβλητού Εύρους". Ο παλμός εφαρμόζεται κατάλληλα πάνω σε παθητικό φορτίο (αντίσταση-πηνίο) προκειμένου να επιδρά στην ανεμογεννήτρια ως φρένο, βραχυκυκλώνοντας τα άκρα της.

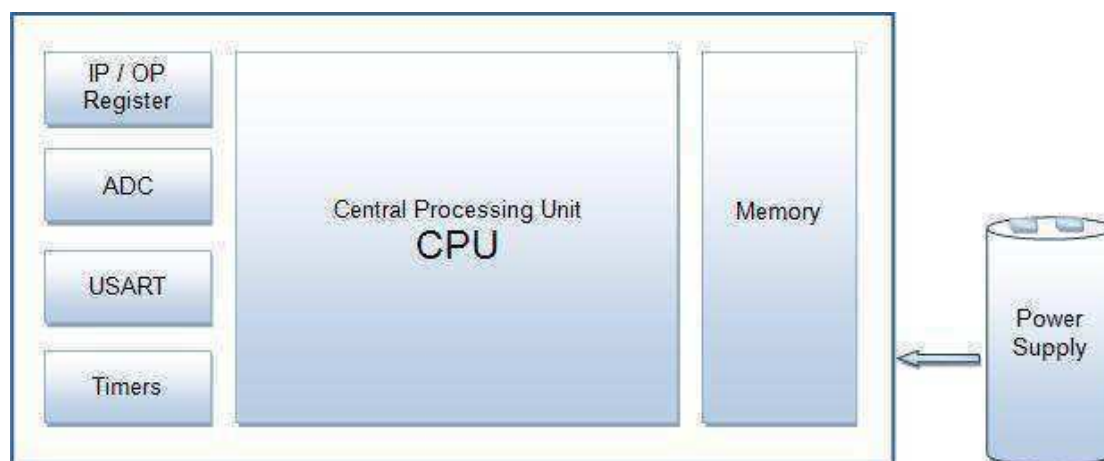
- LCD Display για απεικόνιση της κατάστασης λειτουργίας. Η οθόνη αυτή θα απεικονίζει κάθε φορά κρίσιμες παραμέτρους για την κατάσταση του συστήματος.
- Logging Για απεικόνιση της τρέχουσας κατάστασης λειτουργίας μέσω Η/Υ με σειριακή επικοινωνία. (ενεργοποιείται από το Menu)

3.3 Κύρια Μονάδα – Μικροελεγκτής

Το σύστημα μας θα πρέπει να δρα αυτόνομα χωρίς τη βοήθεια Η/Υ, γι' αυτό τον λόγο είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί ένας μικροελεγκτής ο οποίος θα αναλάβει την φιλοξενία του προγράμματος λειτουργίας, την επεξεργασία των μετρήσεων και γενικότερα την ευθύνη συντονισμού των περιφερειακών εξαρτημάτων.

Για τον σκοπό αυτό επιλέχτηκε ο μικροελεγκτής της εταιρείας ATMEL με ονομασία ATmega16, ο οποίος διδάσκεται στο Μάθημα Μικροελεγκτές του τμήματος Ηλεκτρολογίας του ΤΕΙ Ηρακλείου.

Ο συγκεκριμένος μικροελεγκτής επιλέχθηκε, αφενός γιατί τον γνωρίζαμε αρκετά καλά και αφετέρου για να δείξουμε πώς ένας τόσο μικρός μικροελεγκτής σαν αυτόν μπορεί να εξυπηρετήσει μια τόσο βαριά εφαρμογή όπως την δική μας.



Εικόνα 16: Αρχιτεκτονική μικροελεγκτών AVR

Ο ATmega16 είναι ένας 8bit μικροελεγκτής ο οποίος περιλαμβάνει έναν επεξεργαστή **RISC** (Υπολογιστής Μειωμένου Ρεπερτορίου Εντολών) ο οποίος έχει σχεδιαστεί σύμφωνα με την αρχιτεκτονική Harvard. Η αρχιτεκτονική Harvard αναφέρεται στο γεγονός ότι η μονάδα CPU συνεργάζεται ταυτόχρονα με μια μνήμη προγράμματος και μία ξεχωριστή μνήμη δεδομένων.

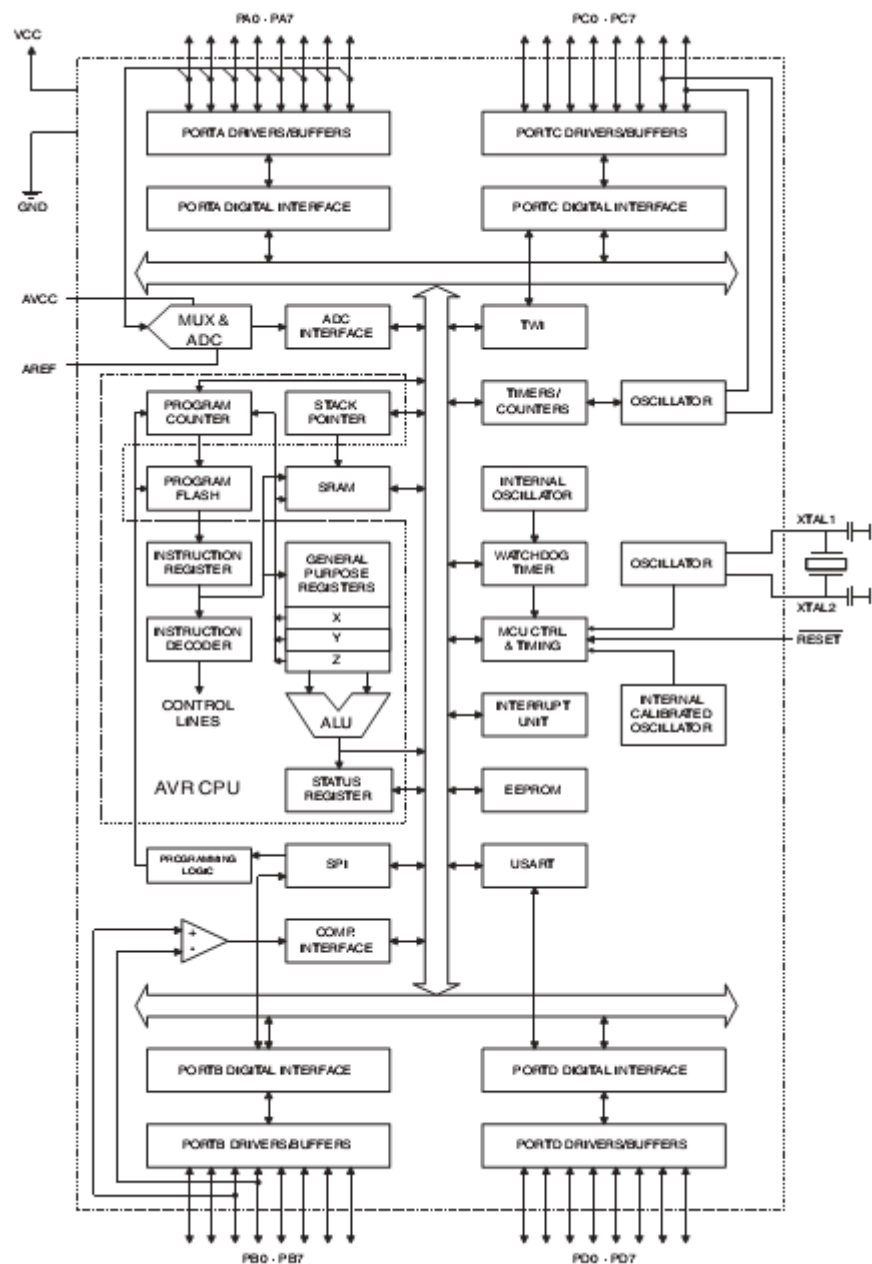


Εικόνα 17: Πραγματική όψη του μικροελεγκτή ATmega16

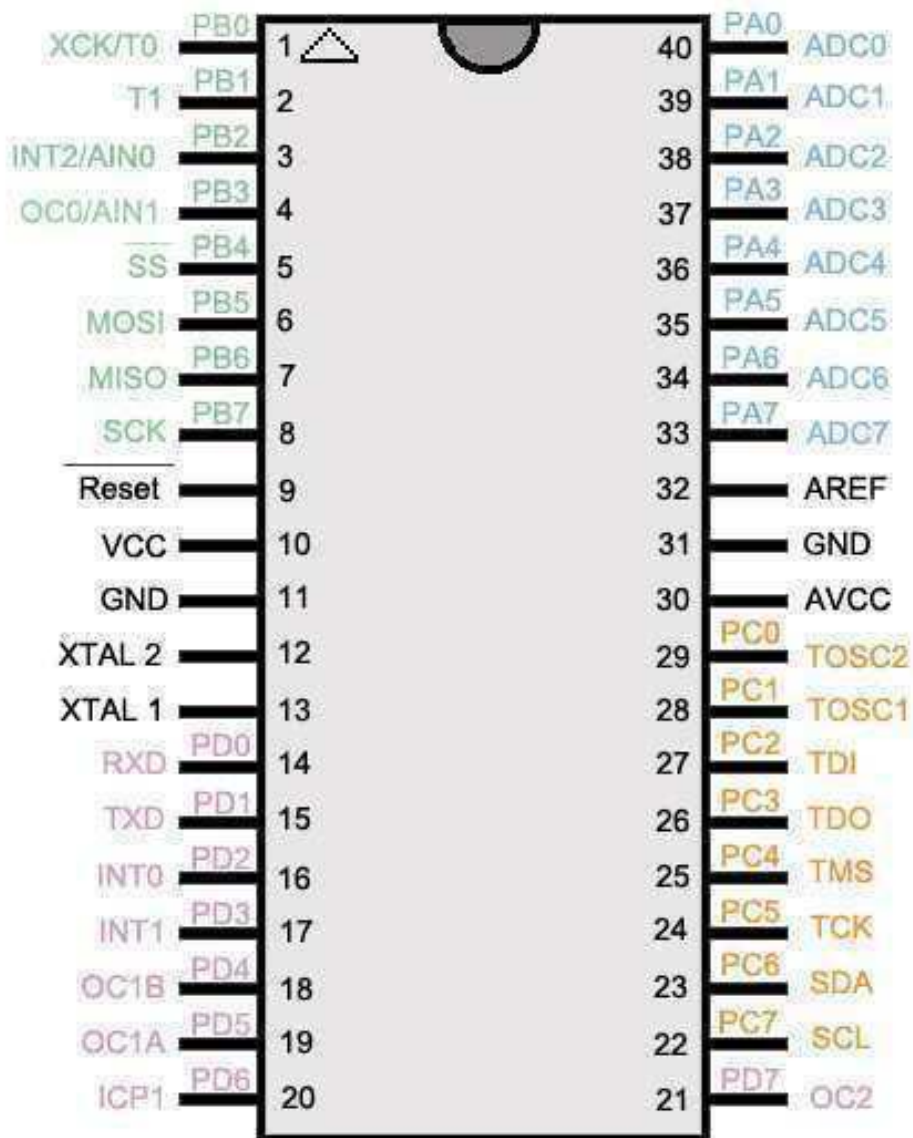
Τα χαρακτηριστικά του μικροελεγκτή AVR Mega16 είναι τα ακόλουθα:

- **(FLASH)** Ενσωματωμένη μνήμη ταχείας αποθήκευσης (**FLASH**) με χωρητικότητα **16Kb** και δυνατότητα προγραμματισμού εντός του συστήματος. Γενικά η μνήμη flash χρησιμοποιείται ως Μνήμη αποθήκευσης του προγράμματος.
- **(EEPROM)** Ενσωματωμένη μνήμη τύπου **EEPROM** χωρητικότητας **512bytes**. Γενικά στην μνήμη EEPROM αποθηκεύονται τιμές μεταβλητών που αφορούν ρυθμίσεις του συστήματος, επειδή έχει την δυνατότητα να μην χάνει τα δεδομένα της μετά την διακοπή της τροφοδοσίας.
- **(SRAM)** Ενσωματωμένη μνήμη τύπου **SRAM** χωρητικότητας **1Kbytes**. Η συγκεκριμένη μνήμη έχει την δυνατότητα να διατηρεί τα περιεχόμενα της αναλλοίωτα για όσο χρονικό διάστημα τροφοδοτείται με ρεύμα. Στην συγκεκριμένη μνήμη αποθηκεύονται οι μεταβλητές που χρησιμοποιούνται κατά την εκτέλεση του κύριου προγράμματος.
- **(I/O Ψηφιακές Θύρες)** Ο επεξεργαστής ATMega16 αποτελείται από 32 ποδαράκια τα οποία χωρίζονται σε 4 πόρτες των 8bits που μπορούν να λειτουργήσουν ως ψηφιακές είσοδοι – έξοδοι.
- **(Timers)** Δυο χρονιστές 8bit με δυνατότητα μέτρησης χρόνου και παραγωγής κυματομορφών PWM και έναν χρονιστή 16bit με δυνατότητα μέτρησης χρόνου και παραγωγής κυματομορφών PWM.
- **(ADC)** Έναν 8 κানাλο μετατροπέα αναλογικού σε ψηφιακό με διακριτική ικανότητα 10bit.
- **(Επικοινωνία)** Μονάδα αποστολής και λήψης δεδομένων **USART**, πρωτόκολλα επικοινωνίας **Two Wire Interface , I2C, SPI**.
- **(Analog Comparator)** Αναλογικό συγκριτή τάσεων.

- **(Debug)** Δυνατότητα αποσφαλμάτωσης του προγράμματος μέσω JTAG.
- **(CLOCK)** Μπορεί να λειτουργήσει από συχνότητες 1 μέχρι 16Μhz μέσω εξωτερικού κρυστάλλου.



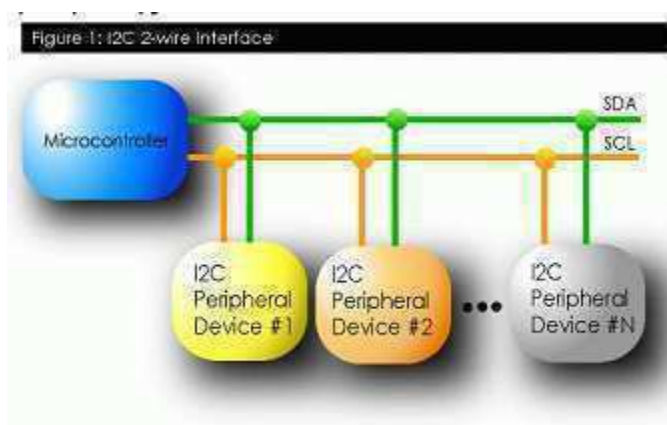
Εικόνα 18: Εσωτερικό block διάγραμμα Mega16



Εικόνα 19: Ποδαράκια ATmega16

3.4 I2C Πρωτόκολλο επικοινωνίας

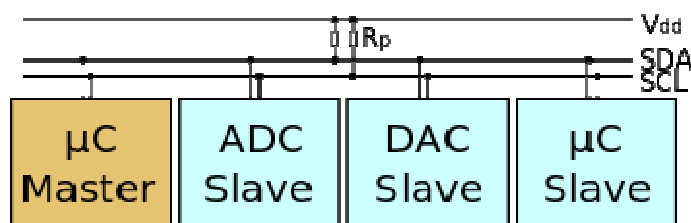
Το πρωτόκολλο επικοινωνίας I2C (ή Inter-IC) δημιουργήθηκε από την Philips Semiconductors στις αρχές της δεκαετίας του 1980 με αρχικό σκοπό την επικοινωνία μεταξύ της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας και των περιφερειακών ολοκληρωμένων κυκλωμάτων μιας τηλεόρασης.



Εικόνα 20

Το πρόβλημα που έλυσε το I²C ήταν ότι καθώς αναπτυσσόταν η τεχνολογία η σύνδεση περιφερειακών συσκευών με το σύστημα γινόταν όλο και πιο δύσκολη αλλά και πιο ακριβή, καθώς για την κατασκευή προϊόντων, όπως τηλεοράσεις, βίντεο και εξοπλισμός ήχου, χρειάζονταν πολύ χρόνο για την σχεδίαση τους, λόγω των πολλών καλωδίων που απαιτούνται για την διευθυνσιοδότηση και για την μεταφορά δεδομένων. Αν σε αυτά προσθέσουμε και όλες τις ενδιάμεσες συσκευές που είναι αναγκαίες για την σωστή επικοινωνία το κόστος κατασκευής είναι αρκετά μεγάλο σε προϊόντα μαζικής παραγωγής. Σε τέτοιες περιπτώσεις ότι μπορεί να παραλειφθεί σημαίνει μεγαλύτερο κέρδος για τον κατασκευαστή και πιο εύχρηστα προϊόντα για τον χρήστη. Ακόμα, όσοι λιγότεροι αγωγοί υπάρχουν στο PCB τόσο μικρότερα είναι τα εξωτερικά φαινόμενα που μπορούν να το επηρεάσουν, όπως στατικός ηλεκτρισμός και ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές.

Οι έρευνες της Philips έγιναν στα εργαστήρια στο Eindhoven της Ολλανδίας με σκοπό να ξεπεραστούν οι δυσκολίες που προαναφέρθηκαν και είχαν σαν αποτέλεσμα ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας, το I2C (Inter-IC), το οποίο χρειαζόταν μόνο δύο καλώδια για τη λειτουργία του.

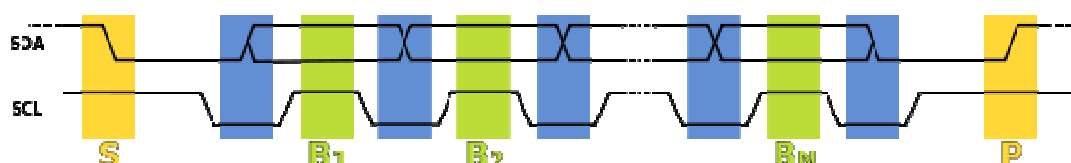


Εικόνα 21

Το I2C στο φυσικό επίπεδο αποτελείται από δύο, αμφίδρομα στον τρόπο μετάδοσης, καλώδια στα οποία συνδέονται οι συσκευές. Η πιο συνηθισμένη ονομασία που τους δίνεται είναι SDA (Serial Data) και SCL (Serial Clock), όπως φαίνεται το πρώτο είναι το καλώδιο που χρησιμοποιείται για μεταφορά δεδομένων και το δεύτερο για τον συγχρονισμό των συσκευών. Κάθε συσκευή που είναι συνδεδεμένη πάνω σε έναν I2C δίαυλο έχει μια μοναδική διεύθυνση και μπορεί να λειτουργήσει είτε σαν πομπός δεδομένων, είτε σαν δέκτης, αναλόγως την περίπτωση. Η επικοινωνία μεταξύ master και slave γίνεται με μια συγκεκριμένη διαδικασία.

Αρχικά ο master δημιουργεί μια κατάσταση START (SDA SCL γειωμένα). Οι slaves όταν αντιληφθούν κατάσταση START στον δίαυλο μπαίνουν σε κατάσταση αναμονής για τα εισερχόμενα δεδομένα. Αμέσως μετά ο master στέλνει στον δίαυλο τον αριθμό της θέσης μνήμης που θέλει να χρησιμοποιήσει με ένα ενδεικτικό για το τι θέλει να κάνει, να διαβάσει ή να στείλει δεδομένα. Τώρα αφού οι slaves έχουν όλοι λάβει την ενεργή διεύθυνση ελέγχουν αν είναι η δική τους και αν δεν είναι περιμένουν μέχρι να ελευθερωθεί ο δίαυλος. Αν είναι η δική τους τότε παράγουν ένα σήμα επιβεβαίωσης (ACKNOWLEDGEMENT). Όταν ο master λάβει το σήμα επιβεβαίωσης, μπορεί να ξεκινήσει η μετάδοση δεδομένων, είτε αποστολή είτε λήψη. Όταν τελειώσει η διαδικασία

μετάδοσης ο master δημιουργεί κατάσταση STOP στον διάυλο, ελευθερώνοντάς τον. Οι συσκευές παραμένουν σε κατάσταση αναμονής για την επόμενη μεταφορά δεδομένων.



Εικόνα 22

Το μέγιστο μέγεθος ενός διαύλου επικοινωνίας I2C μπορεί να φτάσει περίπου 10 με 11 μέτρα. Βασικό μειονέκτημα που παρουσιάζεται είναι ο θόρυβος που προστίθεται στο σήμα από τα μεγάλα καλώδια. Αυτός ο θόρυβος μπορεί να επηρεάσει το σήμα τόσο ώστε να μην μπορεί να διαβαστεί. Μια λύση σε αυτό το πρόβλημα είναι να μειωθεί η συχνότητα επικοινωνίας του διαύλου έτσι ώστε να μην επηρεάζεται από παρεμβολές, με μειονέκτημα βεβαίως, την χαμηλή ταχύτητα μετάδοσης.

3.5 Ρολόι μέτρησης πραγματικού χρόνου

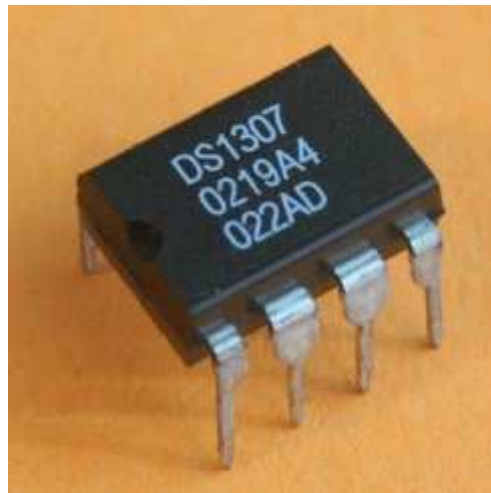
Στην εφαρμογή μας, ήταν αναγκαία η μέτρηση ημερομηνίας και ώρας και λόγω του ότι δεν θέλαμε να επιβαρύνουμε τον μικροελεγκτή γράφοντας ειδικό κώδικα ο οποίος θα εκτελούσε την συγκεκριμένη εργασία, αποφασίσαμε να χρησιμοποιήσουμε ένα RTC.

Το RTC είναι στην ουσία ένα ρολόι το οποίο λειτουργεί μέσω μιας μπαταρίας και κρατάει την ώρα, ακόμα και αν έχουμε αποσύνδεσει την κατασκευή μας από την τάση. Χρησιμοποιώντας ένα RTC μας δίνεται η δυνατότητα να κρατάμε την ώρα και την ημερομηνία χωρίς να χρειάζεται κάθε τόσο να την ρυθμίζουμε μέσω του μικροελεγκτή.



Εικόνα 23: RTC πάνω σε Η/Υ

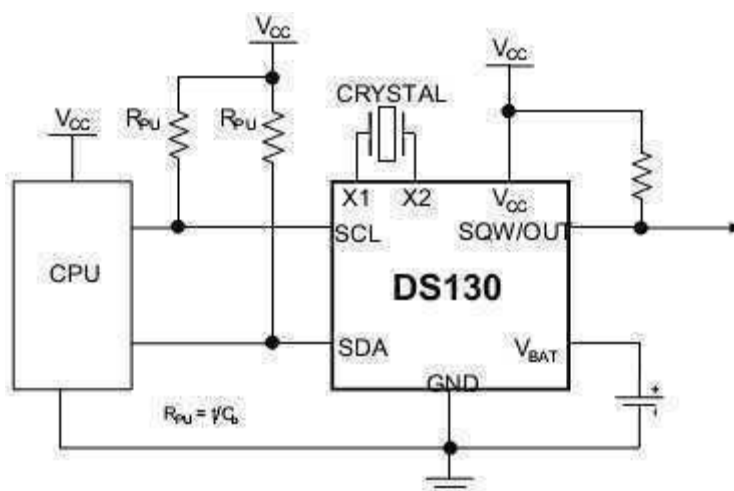
Στην κατασκευή μας επιλέχτηκε το RTC DS1307 το οποίο είναι ένα ολοκληρωμένο χαμηλής κατανάλωσης και εύκολο στην χρησιμοποίηση του μέσω του πρωτοκόλλου I2C.



Εικόνα 24

DS1307 Εσωτερικοί Καταχωρητές

ADDRESS	BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0	FUNCTION	RANGE
00h	CH	10 Seconds			Seconds			Seconds	Seconds	00–59
01h	0	10 Minutes			Minutes			Minutes	Minutes	00–59
02h	0	12	10 Hour	10 Hour	Hours			Hours	1–12 +AM/PM 00–23	
		24	PM/AM							
03h	0	0	0	0	0	DAY		Day	01–07	
04h	0	0	10 Date		Date			Date	01–31	
05h	0	0	0	10 Month	Month			Month	01–12	
06h	10 Year				Year			Year	00–99	
07h	OUT	0	0	SQWE	0	0	RS1	RS0	Control	—
08h–3Fh									RAM 56 x 8	00h–FFh



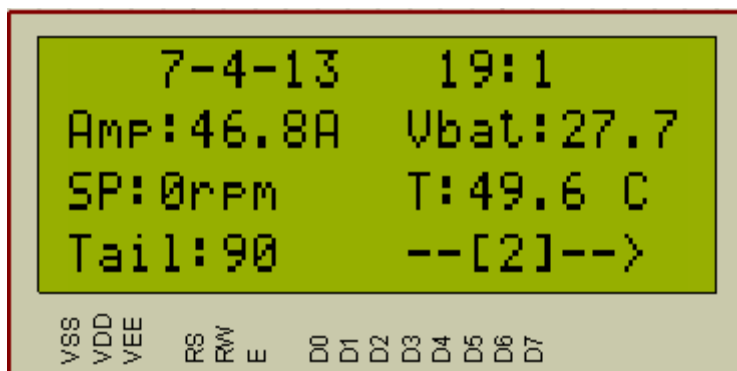
Εικόνα 25: Τυπική συνδεσμολογία DS1307

3.6 Οθόνη Υγρών Κρυστάλλων LCD

Οι Οθόνες τύπου LCD είναι ιδανικές όταν υπάρχει ανάγκη για απεικόνιση χαρακτήρων, συμβόλων ή σε ορισμένες περιπτώσεις και γραφικών. Για τις ανάγκες του συστήματος που μελετάμε θα χρειαστεί να χρησιμοποιήσουμε μια απλή αλφαριθμητική οθόνη LCD πάνω στην οποία θα απεικονίζονται οι μετρήσεις, η κατάσταση του συστήματος καθώς και τα μενού λειτουργίας.

Για τον λόγο αυτό επιλέχθηκε η LCD οθόνη της εταιρείας VIKAY η οποία έχει 4 γραμμές με 20 χαρακτήρες ανά γραμμή και βασίζεται στον δημοφιλή ηλεκτή Hitachi HD44780.

Οι αλφαριθμητικές LCD οθόνες είναι χωρισμένες σε τομείς – πεδία διαστάσεων 5x7 ή 5x8 pixels , κάθε ένα από τα πεδία αυτά χωρίζεται από τα διπλανά του με στενά οριζόντια και κάθετα κενά (αυλάκια). Τα οριζόντια και κάθετα αυτά αυλάκια δεν περιέχουν pixels και χρησιμοποιούνται προκειμένου να επιτύχουμε τον διαχωρισμό μεταξύ γραμμών και των χαρακτήρων.



Εικόνα 26

Ακίδα	Σύμβολο	I/O	Περιγραφή
1	VSS	-	Γείωση
2	VDD	-	+5V τροφοδοσία
3	VEE	-	Έλεγχος Αντίθεσης
4	RS	I	Καταχωρητής δεδομενων
5	RW	I	Γράψιμο/Ανάγνωση
6	E	I/O	Ενεργοποίηση
7	D0	I/O	Data bus
8	D1	I/O	Data bus
9	D2	I/O	Data bus
10	D3	I/O	Data bus
11	D4	I/O	Data bus
12	D5	I/O	Data bus
13	D6	I/O	Data bus
14	D7	I/O	Data bus

Επεξήγηση Συμβόλων:

VDD, VSS, και VEE

Τα ποδαράκια VDD και VSS παρέχουν +5V και γείωση, και το VSS χρησιμοποιείται για ρύθμιση της αντίθεσης της LCD .

RS – Επιλογή Καταχωρητή:

Υπάρχουν δύο πολύ σημαντικοί καταχωρητές μέσα σε μία LCD. Η ακίδα RS χρησιμοποιείται για την επιλογή τους ως εξής. Αν το RS = 0 επιλέγεται ο καταχωρητής εντολών επιτρέποντας στον χρήστη να στείλει εντολές στην LCD όπως Καθάρισμα , γύρισε κέρσορα στην πρώτη γραμμή κτλ. Αν το RS = 1 τότε επιλέγετε ο καταχωρητής δεδομένων, επιτρέποντας στον χρήστη να στείλει δεδομένα τα οποία θα εμφανιστούν στην LCD .

R/W – Διάβασμα/Γράψιμο:

Η είσοδος R/W επιτρέπει στον χρήστη να γράψει πληροφορίες στην LCD ή να διαβάσει πληροφορίες από αυτήν. Αν η είσοδος R/W = 1 τότε επιλέγετε διάβασμα , και όταν R/W =0 επιλέγετε γράψιμο.

E – Ενεργοποίηση:

Η ακίδα ενεργοποίησης χρησιμοποιείτε από την LCD για να κλείδωση τις πληροφορίες που υπάρχουν στις ακίδες δεδομένων. Όταν τα δεδομένα προμηθεύονται στις ακίδες των data , ένας παλμός high και low πρέπει να εφαρμόζεται σε αυτές για να κρατήσει η LCD τα δεδομένα. Αυτός ο παλμός πρέπει να διαρκεί ελάχιστο 450ns.

D0 – D7:

Οι ακίδες D0 – D7, χρησιμοποιούνται για να στείλουμε πληροφορίες στην LCD.

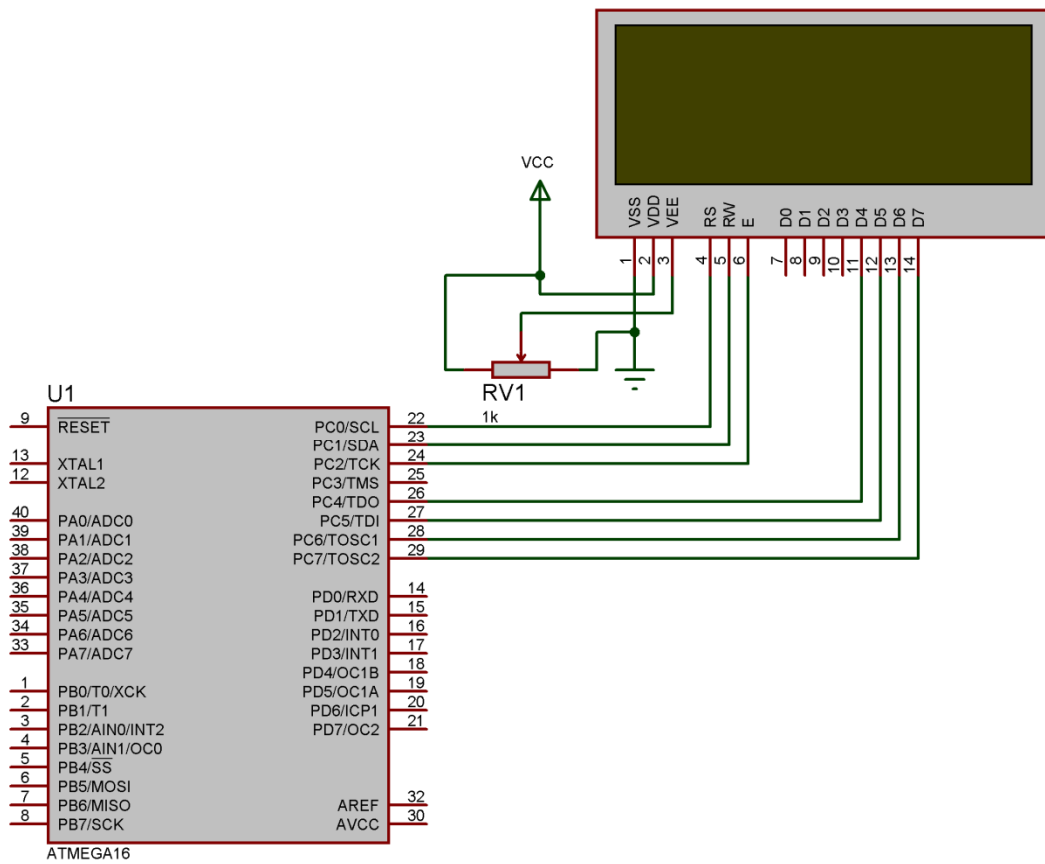
Για την εμφάνιση χαρακτήρων και αριθμών, στέλνονται κωδικοί ASCII για τα γράμματα A – Z, a – z και για τους αριθμούς 0 – 9 ενώ η ακίδα RS = 1.

Επίσης υπάρχουν εντολές οι οποίες μπορούν να αποσταλούν στην LCD για να καθарίσει ή να αναγκάσουν τον κέρσορα να γυρίσει στο home. παρακάτω φαίνονται οι κωδικοί αυτών των εντολών .

Command	Code											Description	Execution Time
	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0			
Clear Display	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Clears the display and returns the cursor to the home position (address 0).	82μs~1.64ms
Return Home	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	*	Returns the cursor to the home position (address 0). Also returns a shifted display to the home position. DD RAM contents remain unchanged.	40μs~1.64ms
Entry Mode Set	0	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	Sets the cursor move direction and enables/disables the display.	40μs
Display ON/OFF Control	0	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	Turns the display ON/OFF (D), or the cursor ON/OFF (C), and blink of the character at the cursor position (B).	40μs
Cursor & Display Shift	0	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*	Moves the cursor and shifts the display without changing the DD RAM contents.	40μs
Function Set	0	0	0	0	0	1	DL	N\$	F	*	#	Sets the data width (DL), the number of lines in the display (L), and the character font (F).	40μs
Set CG RAM Address	0	0	0	1	A _{CG}							Sets the CG RAM address. CG RAM data can be read or altered after making this setting.	40μs
Set DD RAM Address	0	0	1	A _{DD}							Sets the DD RAM address. Data may be written or read after making this setting.	40μs	
Read Busy Flag & Address	0	1	BF	AC							Reads the BUSY flag (BF) indicating that an internal operation is being performed and reads the address counter contents.	1μs	
Write Data to CG or DD RAM	1	0	Write Data							Writes data into DD RAM or CG RAM.	46μs		
Read Data from CG or DD RAM	1	1	Read Data							Reads data from DD RAM or CG RAM.	46μs		
	I/D = 1: Increment I/D = 0: Decrement S = 1: Accompanies display shift. S/C = 1: Display shift S/C = 0: cursor move R/L = 1: Shift to the right. R/L = 0: Shift to the left. DL = 1: 8 bits DL = 0: 4 bits N = 1: 2 lines N = 0: 1 line F = 1: 5x10 dots F = 0: 5 x 7 dots BF = 1: Busy BF = 0: Can accept data # Set to 1 on 24x4 modules \$ With KS0072 is Address Mode.											DD RAM: Display data RAM CG RAM: Character generator RAM A _{CG} : CG RAM Address A _{DD} : DD RAM Address Corresponds to cursor address. AC: Address counter Used for both DD and CG RAM address.	Execution times are typical. If transfers are timed by software and the busy flag is not used, add 10% to the above times.

Πρέπει να τονίσουμε ότι οι αλφαριθμητικοί ελεγκτές που υπάρχουν στις οθόνες LCD μπορούν απλά να αντιγράψουν την CG ROM/RAM μνήμη και να την μεταφέρουν στην οθόνη. Γι αυτό το λόγο δεν μπορούν να επέμβουν στον τρόπο απεικόνισης, αντιστρέφοντας για παράδειγμα τα χρώματα.

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται ο τρόπος συνδεσμολογίας μιας τυπικής αλφαριθμητικής οθόνης LCD



Εικόνα 27: Συνδεσμολογία LCD με Μικροελεγκτή

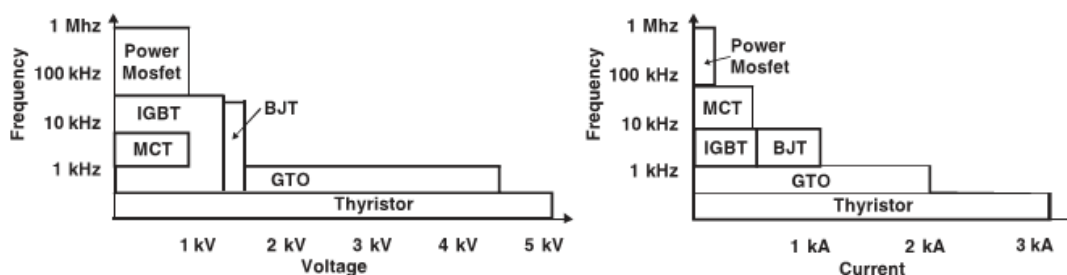
3.7 Περιγραφή διακοπτικών στοιχείων IGBTs

Στην κατασκευή μας χρησιμοποιήθηκαν τέσσερα ημιαγωγικά στοιχεία IGBT συνδεδεμένα παράλληλα για την εφαρμογή του φρεναρίσματος της ανεμογεννήτριας αλλά και τον έλεγχο φόρτισης των μπαταριών.

Ο λόγος χρησιμοποίησης τεσσάρων ημιαγωγικών στοιχείων παράλληλα ήταν για την επίτευξη μεγιστοποίησης του ρεύματος (60 A). Παρόλα αυτά το συγκεκριμένο εγχείρημα έχει και ένα μειονέκτημα, στην περίπτωση βραχυκυκλώματος ενός εκ των τεσσάρων, έχουμε την συνεχή εφαρμογή του φορτίου RL στην ανεμογεννήτρια. Το αποτέλεσμα θα ήταν το συνεχές φρενάρισμα/ βραχυκύκλωμα της μηχανής.

IGBT Εισαγωγικά

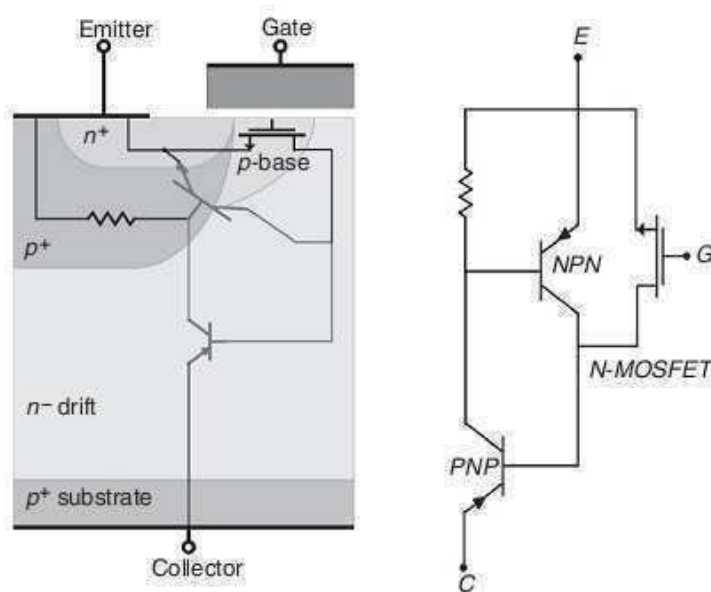
Τα IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) πρωτοεμφανίστηκαν στα τέλη του 1980, καθιστώντας το ένα πολύ επιτυχημένο ημιαγωγικό στοιχείο λόγω των καταπληκτικών χαρακτηριστικών του. Τα IGBTs διαθέτουν υψηλή σύνθετη αντίσταση εισόδου και μεγάλες αντοχές στο ρεύμα που διαχειρίζονται.



Εικόνα 27

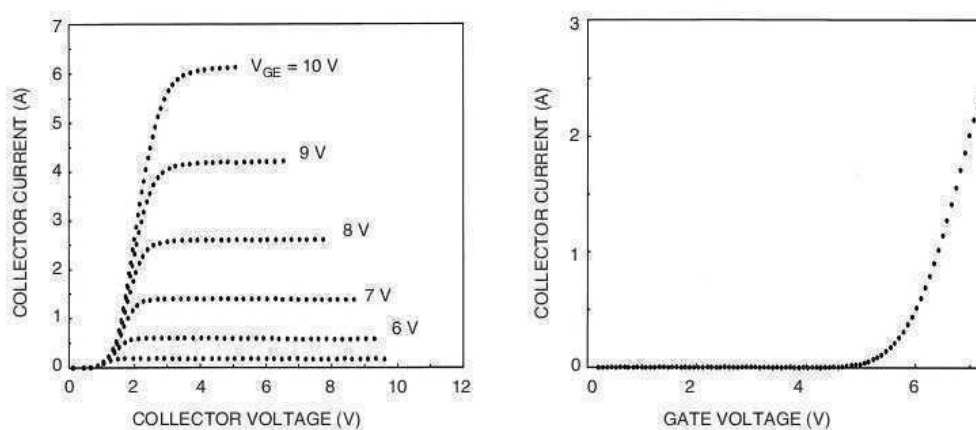
Πολλοί σχεδιαστές βλέπουν τα IGBTs ως συσκευές με MOS χαρακτηριστικά εισόδου και διπολικά χαρακτηριστικά εξόδου. Είναι μια λειτουργική ενοποίηση MOSFET και BJT για να γίνει εκμετάλλευση των πλεονεκτημάτων και των δύο. Συνδυάζει τα καλύτερα χαρακτηριστικά και των δύο, δηλαδή μία διπολική συσκευή ελεγχόμενη από τάση. Η υψηλή σύνθετη αντίσταση εισόδου του IGBT αποτελεί πλεονέκτημα έναντι της αντίστοιχης ενός διπολικού transistor. Ωστόσο η χωρητικότητα εισόδου είναι επίσης υψηλή. Ως αποτέλεσμα το οδηγούμενο κύκλωμα πρέπει γρήγορα να φορτίζει και να αποφορτίζει τον πυκνωτή εισόδου του IGBT κατά τη διάρκεια του χρόνου μετάβασης. Η χαμηλή απόδοση τάσης κορεσμού των IGBTs είναι ανάλογη με αυτή του διπολικού transistor, ακόμα και σε όλο το εύρος της θερμοκρασίας λειτουργίας του. Τα IGBTs απαιτούν τάση πύλης-εκπομπού ίση με -5 έως 10 V για να διασφαλιστεί η αξιόπιστη μεταγωγή εξόδου. Το IGBT είναι κατάλληλο για πολλές εφαρμογές στα ηλεκτρονικά ισχύος, ειδικά σε διαμορφωμένο παλμό (PWM) σέρβο και τριφασικές μονάδες που απαιτούν υψηλό δυναμικό εύρος ελέγχου και χαμηλά επίπεδα θορύβου.

Βασική Δομή



Εικόνα 28

Η κάθετη τομή που φαίνεται στην **εικόνα 28** μας επιτρέπει να δούμε ότι η δομή του IGBT είναι πολύ παρόμοια με εκείνη ενός MOSFET ισχύος. Η θεμελιώδης διαφορά είναι στην προσθήκη μίας περιοχής στο υπόστρωμα, τύπου p^+ . Με τον τρόπο αυτό δημιουργούμε μια διασταύρωση με το n^- περιοχή του συλλέκτη, η οποία εγχέει τρύπες στην περιοχή κατά τη διάρκεια της αγωγής με αποτέλεσμα την αυξομείωση της αντίστασης και έτσι να μειώνεται σημαντικά η τάση συλλέκτη-εκπομπού. Όταν η συσκευή είναι αποκλεισμένη, δεν υπάρχει έγχυση οπών και κατά συνέπεια διαφοροποίηση της αντίστασης, και έτσι η τάση κατάρρευσης του IGBT εξαρτάται μόνο από το πάχος της n^- περιοχής



Εικόνα 29

Δυναμικά χαρακτηριστικά

Το ισοδύναμο κύκλωμα της εισόδου του IGBT είναι τύπου MOSFET και έτσι είναι καθαρά χωρητική. Αυτό επιτρέπει τη χρήση της τάσης για την οδήγηση που σημαίνει ότι είναι δυνατόν να έχουμε ένα λιγότερο πολύπλοκο κύκλωμα με χαμηλότερη κατανάλωση από αυτή που απαιτείται από μια διπολική συσκευή.

Ενεργοποίηση

Η συμπεριφορά του IGBT κατά την ενεργοποίηση είναι ταυτόσημη με εκείνη του MOSFET ισχύος, και ο χρόνος ενεργοποίησης είναι μια συνάρτηση της σύνθετης αντίστασης εξόδου του κυκλώματος κίνησης και της εφαρμοζόμενης τάσης στην πύλη. Είναι δυνατόν να ελεγχθεί η

ταχύτητα της ενεργοποίησης επιλέγοντας κατάλληλη τιμή αντίστασης πύλης.

Απενεργοποίηση

Η συμπεριφορά του IGBT κατά την απενεργοποίηση εμπεριέχει τυπικά χαρακτηριστικά του MOSFET αλλά και του BJT. Κατά την πρώτη φάση, η τάση πύλης μειώνεται σε μία τιμή στην οποία η επίδραση Miller

ξεκινά και η VCE αρχίζει να αυξάνεται. Στη δεύτερη φάση, η τάση πύλης παραμένει σταθερή, λόγω της διαφοροποίησης του πυκνωτή στο συλλέκτη-πύλη από την VCE που συνεχίζει να αυξάνεται στην μέγιστη τιμή της σε ένα ρυθμό που ελέγχεται από το κύκλωμα οδήγησης. Η τρίτη φάση μπορεί να είναι χωριστεί, σε σχέση με το ρεύμα στον συλλέκτη σε δύο μέρη: το πρώτο, πολύ γρήγορο λόγω της απενεργοποίησης του τμήματος MOSFET της συσκευής και η δεύτερη πιο αργή που προκαλείται από τον ανασυνδιασμό των φορέων μειονότητας.

Πλεονεκτήματα χρήσης IGBTs

- Τα IGBT έχουν τα διακοπτικά χαρακτηριστικά των διπολικών τρανζίστορ και μπορούν να ελεγχθούν από τάση όπως τα MOSFET.
- Τα IGBT έχουν το πλεονέκτημα διαχείρισης μεγαλύτερων ρευμάτων από ότι τα διπολικά τρανζίστορ.
- Τα IGBT έχουν υψηλότερη τάση διάσπασης (τυπικά 1200V) συγκρινόμενο από ένα MOSFET (τυπικά χαμηλότερο από 250V).
- Μπορούν να διαχειριστούν ρεύματα πάνω από 120A σε χαμηλές συχνότητες διακοπής.
- Έχουν πολύ χαμηλή πτώση τάσης κατά την αγωγή τους.
- Επιτρέπεται η λειτουργία τους σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 100°C

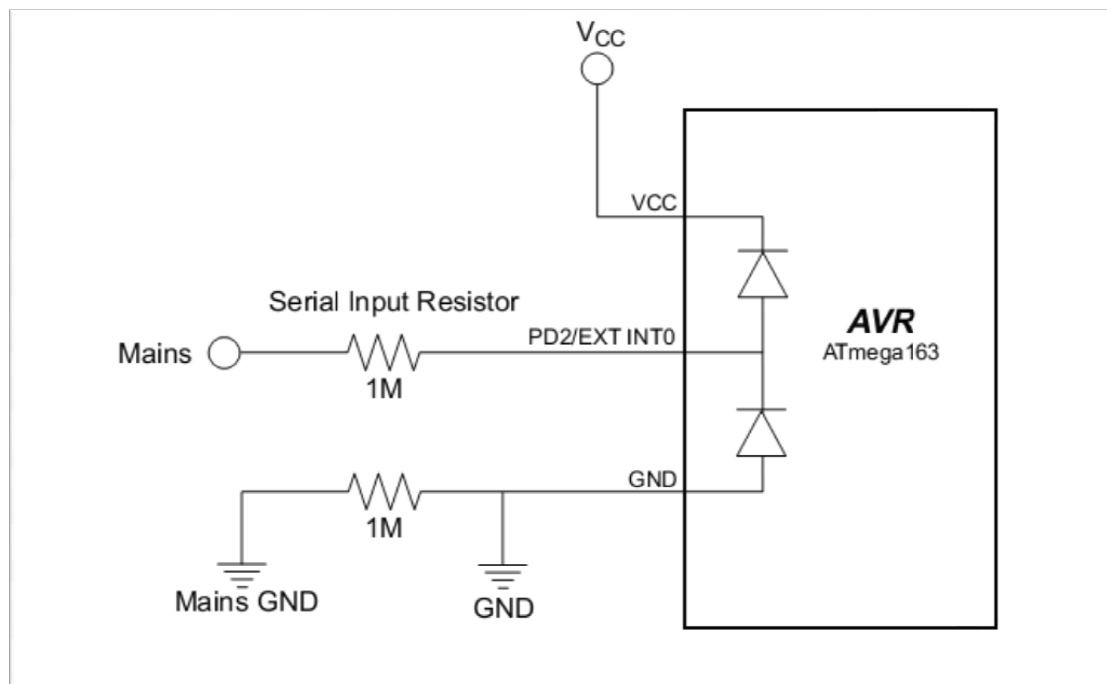
Μειονεκτήματα χρήσης IGBTs

- Περιορίζεται σε εφαρμογές χαμηλών συχνοτήτων
- Δεν μπορούν να διαχειρισθούν μεγάλες μεταβολές στο φορτίο
- Υπάρχει πιθανότητα να κλείδωση λόγω της εσωτερικής δομής του.

3.8 Αισθητήρας Ανίχνευσης Φάσεων – Συχνότητας

Η μέτρηση των στροφών είναι απαραίτητη για τη λήψη των αποφάσεων του συστήματος, σχετικά με τη θέση της ουράς και την οδήγηση του κυκλώματος των ηλεκτρονικών ισχύος.

Βασιζόμενοι στο Application note της ATMEL **AVR182** δημιουργήσαμε έναν απλό αισθητήρα για την μέτρηση της παραγόμενης συχνότητας της ανεμογεννήτριας .



Εικόνα 30

Το αισθητήριο στηρίζει τη λειτουργία του στο γεγονός ότι η συχνότητα του ρεύματος είναι ανάλογη με τον αριθμό στροφών της γεννήτριας. Η μέτρηση, πρέπει να γίνεται πριν την ανόρθωση. Πρέπει να υπογραμμίσουμε ότι η σχέση συχνότητας - περιστροφών αποτελεί χαρακτηριστικό γνώρισμα κάθε ανεμοκινητήρα και εξαρτάται από τον αριθμό των πόλων του ρότορα.

Η σχέση που συνδέει τον αριθμό στροφών με την παραγόμενη συχνότητα και τον αριθμό (ζεύγη) των πόλων είναι η εξής:

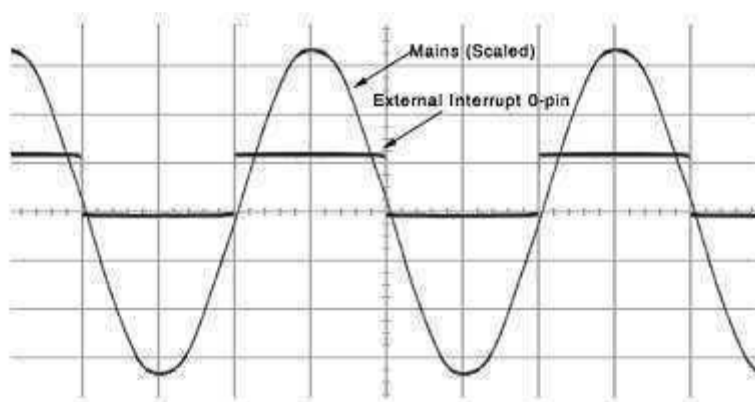
$$ns = \frac{60 \cdot f}{p} \quad \text{Σχέση στροφών}$$

Όπου: ns : Ο αριθμός στροφών

f : η παραγόμενη συχνότητα

p : ζεύγη πόλων γεννήτριας

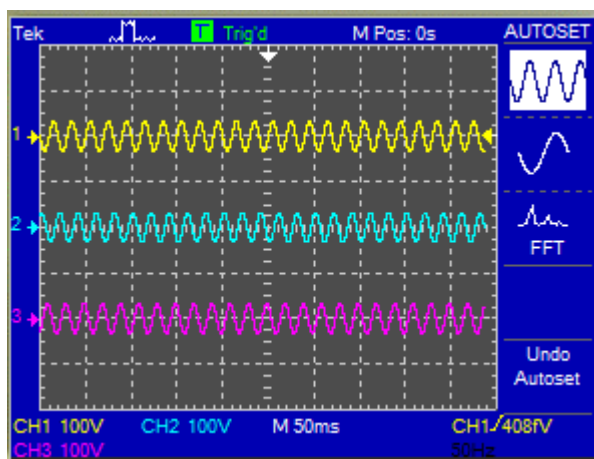
Με την βοήθεια των δύο διόδων που είναι ενσωματωμένες στον μικροελεγκτή παράγουμε έναν τετραγωνικό παλμό ο οποίος εμφανίζεται μόνο κατά την θετική ημιπερίοδο όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 31

Η λειτουργία του αισθητηρίου συμπληρώνεται από τον μικροελεγκτή ο οποίος αναλαμβάνει να μετράει τους παλμούς που δημιουργήθηκαν, μέσω των τριών interrupts για κάθε φάση. Έτσι, γνωρίζοντας τον αριθμό

τον παλμών σε ένα συγκεκριμένο διάστημα, μπορούμε να υπολογίσουμε την παραγόμενη συχνότητα του εναλλασσόμενου σήματος και έπειτα εφαρμόζοντας την σχέση υπολογισμού των στροφών να γνωρίζουμε την ταχύτητα περιστροφής της ανεμογεννήτριας.



Εικόνα 32: Φάσεις ανεμογεννήτριας



Εικόνα 33: Παλμοί στα ποδαράκια των Interrrupts

3.9 Αισθητήριο μέτρησης Ρεύματος

Προκειμένου να μετρηθεί η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα, χρησιμοποιήθηκε το αισθητήριο RS (Κωδικός 286-333) το οποίο βασίζει την λειτουργία του στο φαινόμενο Hall. Έτσι, ο αγωγός του οποίου θέλουμε να μετρήσουμε το ρεύμα διέρχεται μέσα από το αισθητήριο με συγκεκριμένη φορά, με συνέπεια το αισθητήριο να δημιουργεί στα άκρα του μια τάση ανάλογη με την ένταση του ρεύματος που το διαρρέει. Η τάση αυτή στην συνέχεια οδηγείται στον μικροελεγκτή όπου γίνεται η μετατροπή του αναλογικού σήματος σε ψηφιακό μέσω του (A/D) μετατροπέα που διαθέτει ο mega16.



Εικόνα 34: Αισθητήριο ρεύματος 100Α

Παρακάτω διακρίνονται οι ακροδέκτες του αισθητηρίου και οι συνδέσεις τους σύμφωνα με τον κατασκευαστή.

Pin No 1: Έξοδος μέτρησης (ρεύμα)

Pin No 2: Τάση –15 V

Pin No 3: Δεν χρησιμοποιείται

Pin No 4: Έξοδος μέτρησης (στιγμιαία τάση)

Pin No 5: Γειώνεται GND

Pin No 6: Τάση +15V

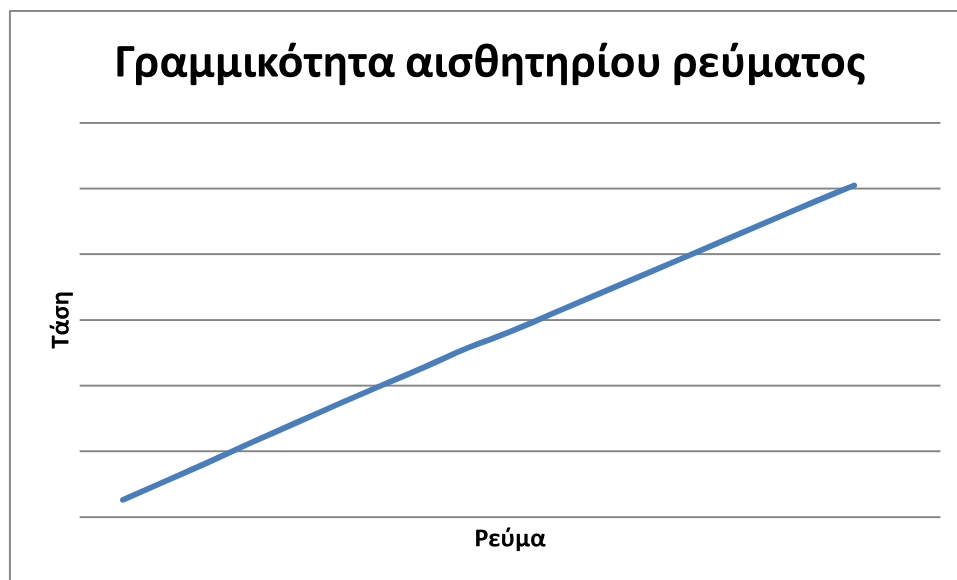
Για την πειραματική δοκιμή του αισθητηρίου ρεύματος χρησιμοποιήθηκε ένα τροφοδοτικό ισχύος με δυνατότητα παραγωγής ρεύματος έως και 20A. Στα άκρα του τροφοδοτικού συνδέθηκε ένας αγωγός μεγάλης διατομής δημιουργώντας έτσι ένα ελεγχόμενο βραχυκύκλωμα. Ο συγκεκριμένος αγωγός διέρχονταν μέσα από το αισθητήριο ρεύματος, στην συνέχεια ρυθμίζοντας τον περιοριστή ρεύματος του τροφοδοτικού, ρυθμίζαμε το ρεύμα διέλευσης μέσα από τον αγωγό και ταυτόχρονα μετρούσαμε την τάση στην έξοδο του αισθητηρίου.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων έχουν ως εξής:

<u>I(A)</u>	<u>V(VOLT)</u>
0,5	0,026
1	0,0548
1,5	0,0838
2	0,1137
2,5	0,1426
3	0,1717
3,5	0,2
4	0,228
4,5	0,257
5	0,282
5,5	0,31
6	0,338
6,5	0,366
7	0,394
7,5	0,422
8	0,45
8,5	0,478

9	0,505
---	-------

Οι παραπάνω μετρήσεις αν αποδοθούν σε γραφική παράσταση έχουν ως εξής:

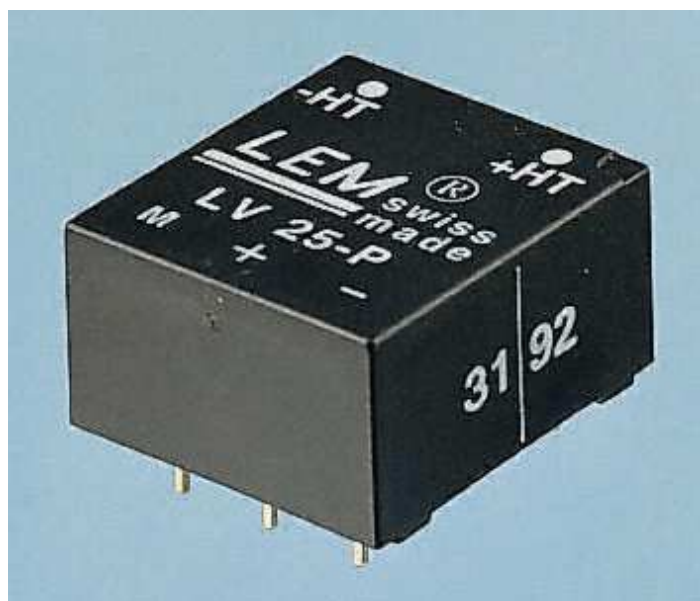


Εικόνα 35: Γραμμικότητα Αισθητηρίου ρεύματος

Από την παραπάνω γραφική παράσταση είναι φανερό η γραμμικότητα του αισθητηρίου ρεύματος. Η γραμμικότητα αυτή εξασφαλίζει ότι το αισθητήριο μπορεί να λειτουργήσει ομαλά σε όλη την περιοχή τιμών που πρόκειται να μετρήσουμε.

3.10 Αισθητήριο μέτρησης Τάσης

Το αισθητήριο αυτό χρησιμοποιείται για την μέτρηση της τάσεως στα άκρα της μπαταρίας. Η μπαταρία μας είναι 24 V. Η λειτουργία του είναι ανάλογη με το αισθητήριο ρεύματος. Δημιουργείται μια τάση, η οποία είναι ανάλογη της μετρούμενης τάσης. Αφού γίνει η μέτρηση, οδηγούμε την έξοδο του αισθητηρίου σε ένα κανάλι του ADC, γίνεται η μετατροπή του σήματός μας σε ψηφιακό και, στη συνέχεια, διαβάζεται από τον ATmega16.



Εικόνα 36: Αισθητήριο Τάσης

Το LV25-P έχει πέντε ακροδέκτες. Οι δύο εφαρμόζονται στα άκρα της μετρούμενης τάσης, άλλοι δύο χρησιμοποιούνται για να τροφοδοτηθεί το αισθητήριο με +15V και -15V, ενώ από τον πέμπτο ακροδέκτη παίρνουμε το αποτέλεσμα της μέτρησης. Η σύνδεση των pins δίδεται αναλυτικότερα από την κατασκευάστρια εταιρεία παρακάτω:

Pin +: Σε τάση +15V

Pin -: Σε τάση -15V

Pin M: Έξοδος μέτρησης (ρεύμα)

Pin +HT: Μετρούμενη τάση (+)

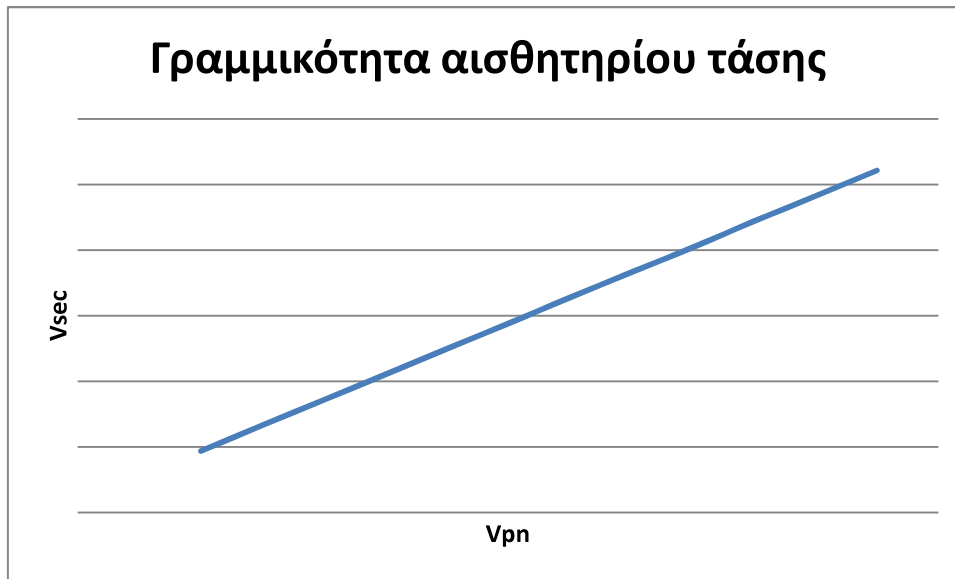
Pin -HT: Μετρούμενη τάση (-)

Το ποδαράκι «Μ» συνδέεται σε σειρά με αντίσταση R_m , της οποίας το ένα άκρο γειώνεται, στη συνέχεια μετράμε την τάση στα άκρα της αντίστασης. Με αυτό τον τρόπο, το αποτέλεσμα της μέτρησης του αισθητηρίου είναι μια τάση 0-5V.

Για την πειραματική δοκιμή του αισθητηρίου τάσης χρησιμοποιήθηκε ένα απλό ρυθμιζόμενο τροφοδοτικό του εργαστηρίου, εφαρμόσαμε μεταβλητή τάση στην είσοδο μέτρησης και στην συνέχεια μετρήσαμε την πτώση τάσης πάνω στα άκρα της αντίστασης R_M .

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων έχουν ως εξής:

V_{pn}	V_{sec}
1	0,187
1,5	0,266
2	0,343
2,5	0,421
3	0,499
3,5	0,576
4	0,655
4,5	0,732
5	0,808
5,5	0,888
6	0,965
6,5	1,043

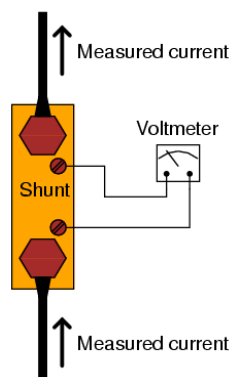


Εικόνα 37: Γραμμικότητα Αισθητηρίου τάσεως

Από την παραπάνω γραφική παράσταση είναι φανερό η γραμμικότητα του αισθητηρίου ρεύματος. Η γραμμικότητα αυτή εξασφαλίζει ότι το αισθητήριο μπορεί να λειτουργήσει ομαλά σε όλη την περιοχή τιμών που πρόκειται να μετρήσουμε.

3.11 Αισθητήριο Ρεύματος Ουράς

Το αισθητήριο αυτό ουσιαστικά είναι μια αντίσταση $0,02 \Omega$ από την οποία περνάει ρεύμα και εμείς μετρώντας την πτώση τάσης στα άκρα της, υπολογίζουμε το ρεύμα που την διαρρέει.



Εικόνα 38: Συνδεσμολογία του Shunt (Αισθητήριο Ρεύματος)

Η σχέση των δύο αυτών ηλεκτρικών μεγεθών είναι γραμμική στο διάστημα που μας ενδιαφέρει. Στην εφαρμογή μας, με το αισθητήριο αυτό, ελέγχεται το ρεύμα του κινητήρα της ουράς της ανεμογεννήτριας. Μόλις το σύστημά μας δει ότι το ρεύμα του κινητήρα αυξάνει επικίνδυνα, θεωρεί ότι έφτασε στην επιθυμητή θέση και σταματάει την λειτουργία του αυτόματα.



Εικόνα 39: Shunt Ρεύματος

3.12 Αισθητήριο μέτρησης Θερμοκρασίας

Το αισθητήριο θερμοκρασίας που έχει χρησιμοποιηθεί είναι το LM35 της National Semiconductor. Η λειτουργία του στην κατασκευή μας είναι να μετράει τη θερμοκρασία των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων του πίνακά μας για την αποφυγή υπερθέρμανσης (τα **IGBT ισχύος**). Η μετρούμενη θερμοκρασία ενισχύεται μέσω ενός τελεστικού ενισχυτή (5 X) τύπου LM358, για μεγαλύτερη ακρίβεια στη μέτρησή μας και στη συνέχεια οδηγείται, στον ADC του μικροελεγκτή, όπου γίνεται η μετατροπή του αναλογικού αυτού σήματος σε ψηφιακό.

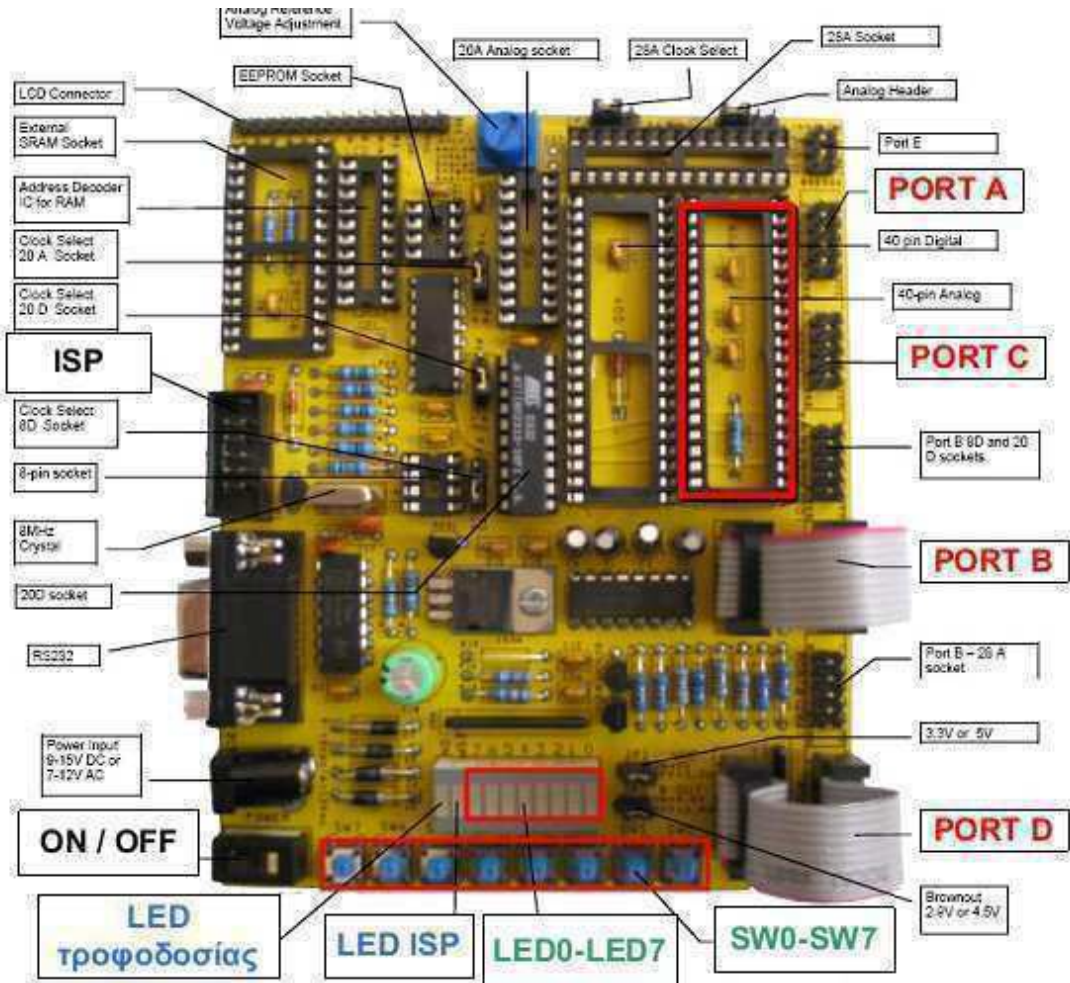
Παρακάτω διακρίνονται οι ακροδέκτες του αισθητηρίου καθώς και η λειτουργία τους.

επιθυμητής θέσης με την τωρινή θέση, μας δίνει τις επιθυμητές μοίρες σε κάθε μετακίνηση.

Γνωρίζοντας τις μοίρες και την φορά περιστροφής μπορούμε να μετακινήσουμε την ουρά αλλά όχι με αρκετή ακρίβεια, καθώς μετά από κάποιο αριθμό μετακινήσεων θα υπάρχει οπωσδήποτε σφάλμα. Λύση σε αυτό το πρόβλημα θα αποτελούσαν είτε τερματικοί διακόπτες, είτε έλεγχος του ρεύματος του κινητήρα της ουράς. Εμείς επιλέξαμε τον δεύτερο τρόπο που δεν μας περιορίζει σε χρόνο ζωής (σε αντίθεση με τα ρελέ) και μας καλύπτει απόλυτα στην εφαρμογή αυτή. Έτσι_όταν ο κινητήρας της ουράς τερματίσει (0° ή 90°), τότε το ρεύμα που τραβάει αυξάνεται απότομα, με κίνδυνο να καταστρέψει τον κινητήρα. Το σύστημά μας μετράει συνεχώς αυτό το ρεύμα ώστε όταν υπερβεί τα 2.8A να σταματήσει τον κινητήρα, ενημερώνοντας τον μικροελεγκτή ότι η ουρά έφτασε στον προορισμό της.

3.14 Μονάδα Προγραμματισμού STK200

Κατά την φάση ανάπτυξης της εφαρμογής μας χρησιμοποιήθηκε το Development Board STK200 της KANDA. Το STK200 είναι μια σύγχρονη πλακέτα ανάπτυξης εφαρμογών κατασκευασμένη από την KANDA για να υποστηρίζει τους μικροελεγκτές AVR της εταιρείας ATMEL.



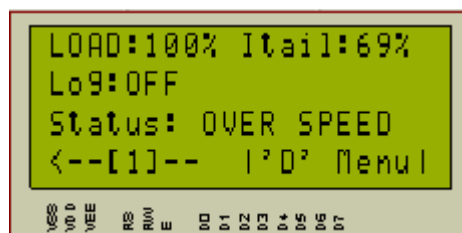
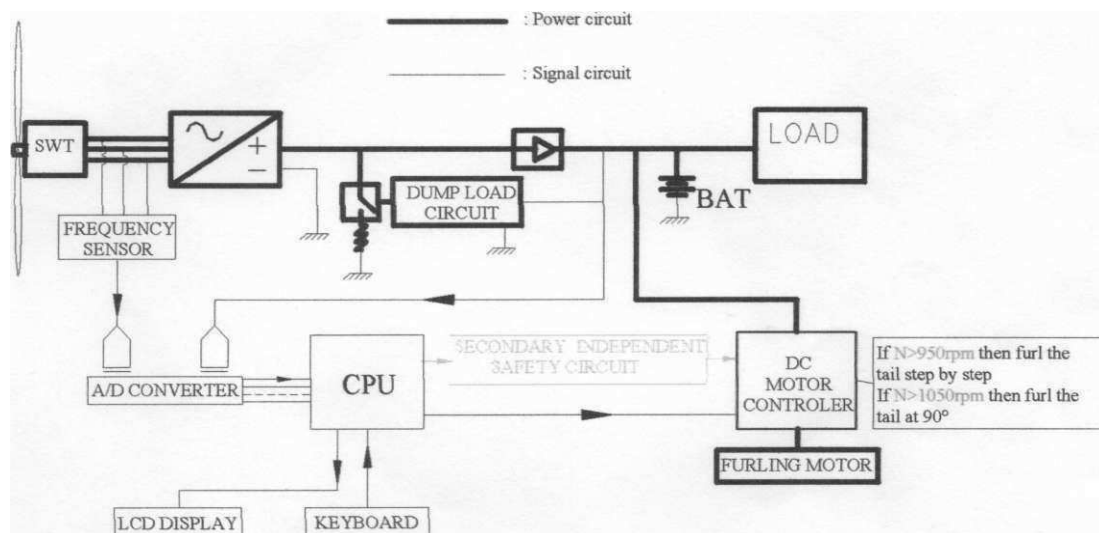
Εικόνα 41

Η πλακέτα STK200 είναι εφοδιασμένη με οκτώ πλήκτρα και οκτώ LED τα οποία επικουρούν στην ανάπτυξη εφαρμογών. Επίσης διαθέτει 4 πόρτες διασύνδεσης οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως είσοδοι ή έξοδοι. Επίσης αποτελείται και από μετατροπέα TTL σε RS232 για την εύκολη διασύνδεση με Η/Υ κάτι το οποίο μας φάνηκε αρκετά χρήσιμο κατά την αποσφαλμάτωση του προγράμματος.

3.15 Σενάρια Λειτουργίας Ψηφιακού πίνακα

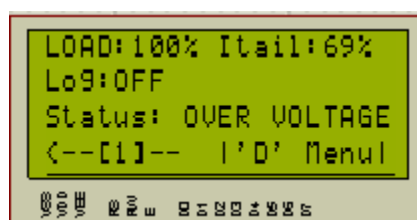
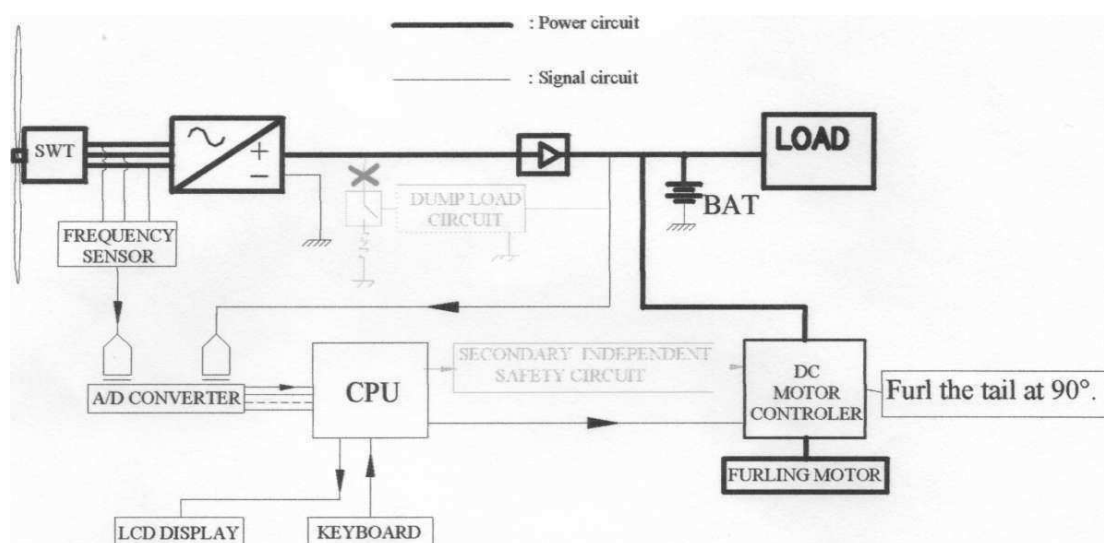
Σενάριο Ταχύτητας

- Στην περίπτωση που η ταχύτητα περιστροφής της ανεμογεννήτριας έχει υπερβεί την μέγιστη ταχύτητα που έχει ορίσει ο χρήστης (π.χ. 900 RPM) τότε το σύστημα κλείνει σταδιακά την ουρά μέχρι να διαπιστωθεί μείωση των στροφών της κάτω από το συγκεκριμένο όριο.
- Αν η ταχύτητα του ρότορα υπερβεί την τιμή υπερτάχυνσης που έχει ορίσει ο χρήστης τότε η ουρά της ανεμογεννήτριας γυρίζει στις 90° και τοποθετείται το φορτίο RL για φρενάρισμα της ανεμογεννήτριας , και εμφανίζεται κατάλληλο μήνυμα στην LCDοθόνη [**OVERSPEED**]. Στην συγκεκριμένη κατάσταση για λόγους ασφαλείας το σύστημα παραμένει εκεί για 5 λεπτά.



Σενάριο Υπέρτασης

Το σύστημα προστατεύει τις μπαταρίες από πιθανή καταστροφή ή αποσύνδεση του φορτίου RL. Έτσι στην περίπτωση που η τάση υπερβεί τα 33V (περίπτωση αποσύνδεσης μπαταριών) τότε το σύστημα κλείνει την ουρά στις 90° και εμφανίζει κατάλληλο μήνυμα στην οθόνη [**OVER VOLTAGE**]

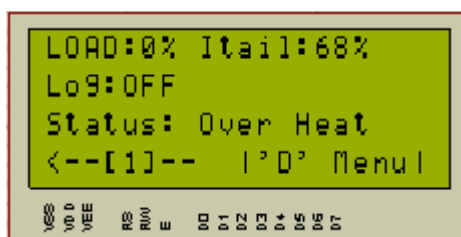
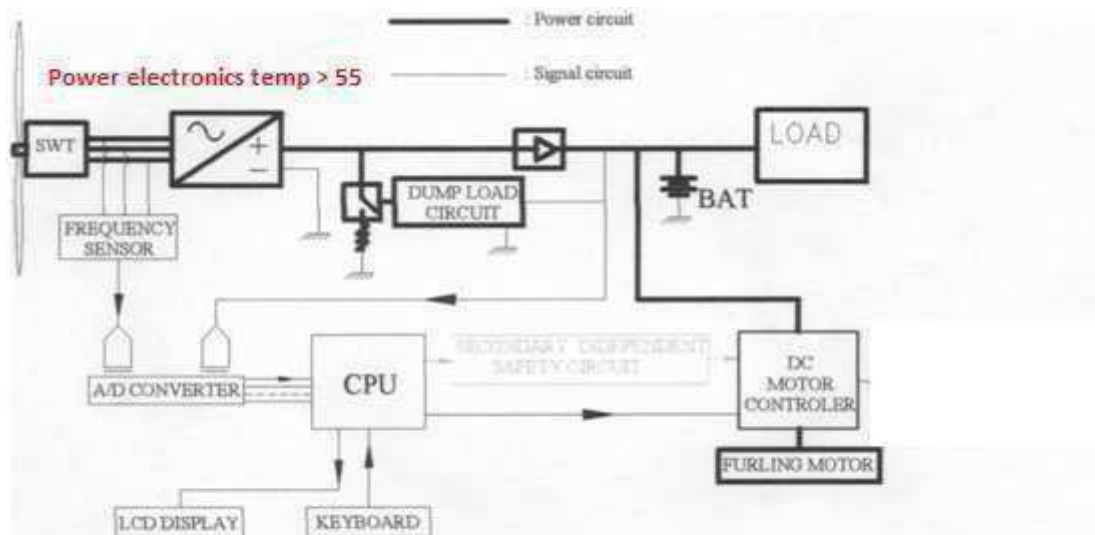


Εικόνα 43

Σενάριο Υπερθέρμανσης των IGBTs

Το συγκεκριμένο σενάριο λειτουργίας εκτελείται στην περίπτωση κατά την οποία η θερμοκρασία των ηλεκτρονικών ισχύος περάσει την θερμοκρασία των 55oC. Τότε το σύστημα κλείνει την ουρά της ανεμογεννήτριας στις 90°, εμφανίζει κατάλληλο μήνυμα στην οθόνη

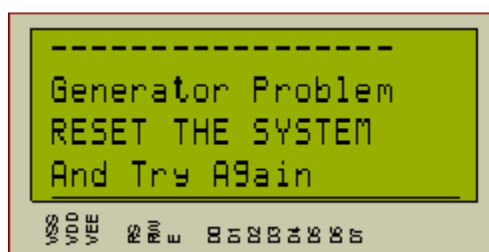
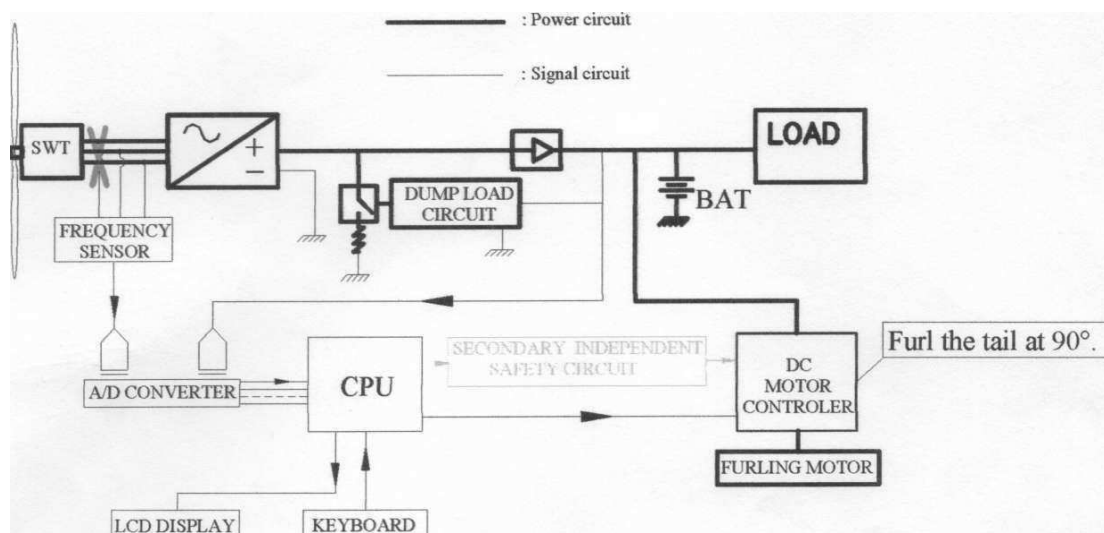
[**OVERHEAT**] και σταματάει οποιαδήποτε παραγωγή παλμού ώσπου η θερμοκρασία να πέσει κάτω από τους 55οC.



Εικόνα 44

Σενάριο σφάλματος στην ανεμογεννήτρια.

Το συγκεκριμένο σενάριο λειτουργίας τίθεται σε εφαρμογή στην περίπτωση που χαθεί κάποια φάση της ανεμογεννήτριας ή υπάρξει κάποια ασυμμετρία στις φάσεις της. Τότε το σύστημα κλείνει την ουρά στις 90° και εμφανίζει το μήνυμα [**Generator Fault**]. Για την επαναφορά του συστήματος από το συγκεκριμένο Mode λειτουργίας χρειάζεται RESET όλο το σύστημα (μπουτόν Reset)



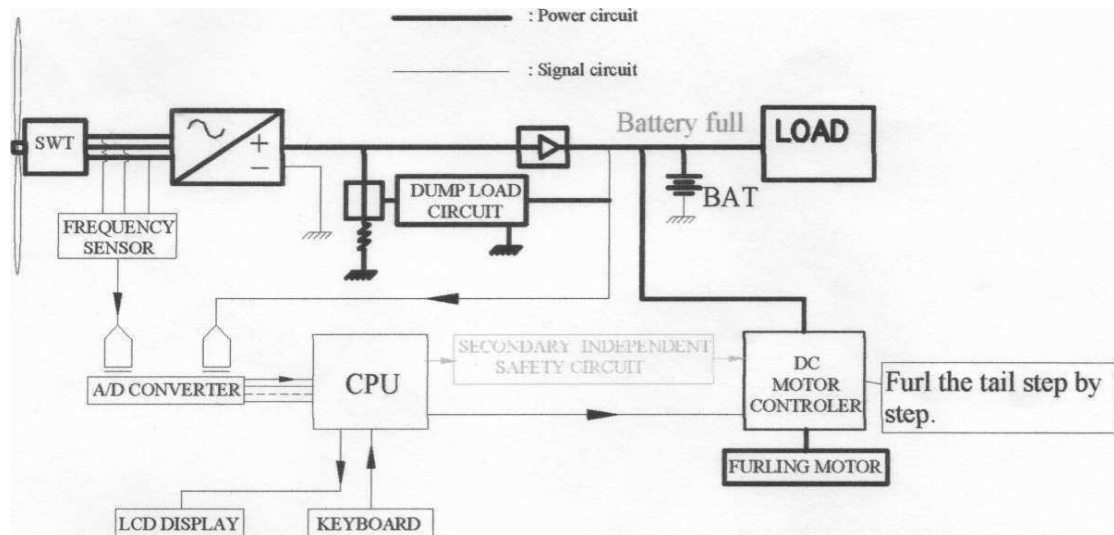
Εικόνα 45

Σενάριο Φόρτισης μπαταρίας

Το σύστημα εκτελεί τις τις εξής λειτουργίες κατά την φόρτιση της μπαταρίας.

Περιπτώσεις – Αποφάσεις:

1. $V_{bat} < 27.2V$ και $RPM < Max\ Speed \rightarrow$ Ουρά στις 0° και Φρένο($PWM=0\%$)
2. $27.2V \leq V_{bat} < 27.6V$ και $RPM < MSpeed \rightarrow$ Ουρά στις 30° και Φρένο 0%
3. $27.6V \leq V_{bat} < 28.0V$ και $RPM < MSpeed \rightarrow$ Ουρά στις 30° και Φρένο 40%
4. $28.0V \leq V_{bat} < 28.4V$ και $RPM < MSpeed \rightarrow$ Ουρά στις 60° και Φρένο 60%
5. $V_{bat} \geq 28.4V$ και $RPM < MSpeed \rightarrow$ Ουρά στις 90° και Φρένο 100%



Παρακάτω φαίνονται οι πέντε παραπάνω λειτουργίες όπως αυτές απεικονίζονται στο LCD του πίνακα.

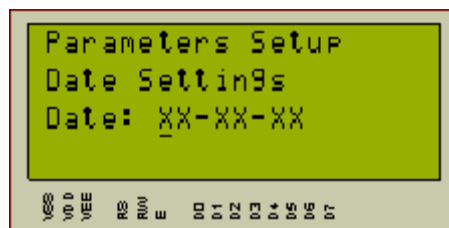




3.16 Λειτουργίες Πίνακα / Μενού Λειτουργίας

Στην περίπτωση που το σύστημα τεθεί για πρώτη φορά σε λειτουργία μας προτρέπει να ρυθμίσουμε της παραμέτρους της ανεμογεννήτριας μέσω του ενσωματωμένου πληκτρολογίου.

Μενού Ρυθμίσεων:

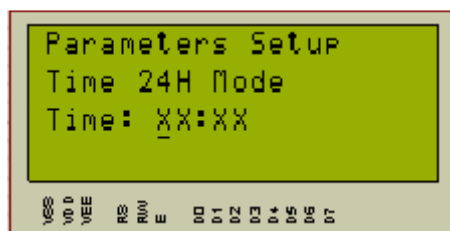


Εικόνα 46

Πατώντας τα πλήκτρα εισάγουμε την ημερομηνία στο σύστημα και στην περίπτωση που έχουμε κάνει λάθος μπορούμε να πατήσουμε το πλήκτρο B για διόρθωση ή το πλήκτρο A για αποθήκευση και συνέχεια.

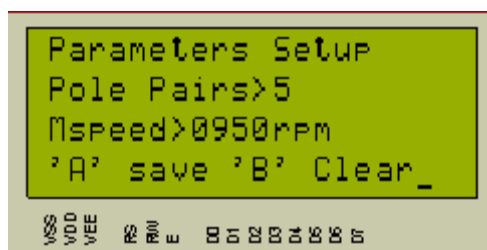


Αφού αποθηκευτεί η ημερομηνία, το σύστημα μας προτρέπει να ρυθμίσουμε την ώρα του συστήματος.



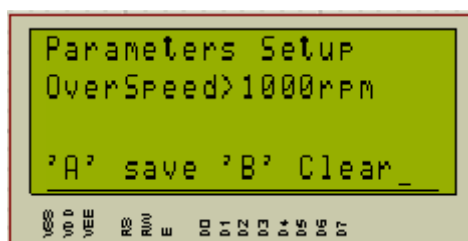
Εικόνα 47

Στη συνέχεια, εφόσον ρυθμίσουμε και την ώρα του συστήματος, η επόμενη ρύθμιση αφορά τα χαρακτηριστικά της ανεμογεννήτριας, τα ζεύγη πόλων της μηχανής, καθώς επίσης και την μέγιστη ταχύτητα της ανεμογεννήτριας.



Εικόνα 48

Έπειτα αποθηκεύουμε και αυτές της ρυθμίσεις και το σύστημα ζητά από τον χρήστη την εισαγωγή της ταχύτητας όπου εκτελείται το Σενάριο Overspeed.

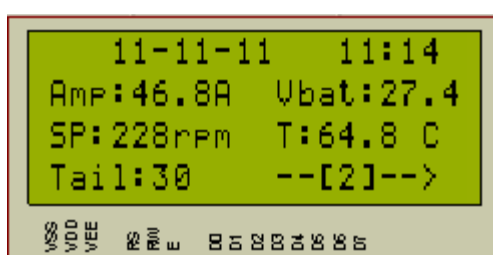


Εικόνα 49

Τέλος, το σύστημα εμφανίζει στην LCD οθόνη τα σημαντικά μεγέθη με την μορφή δυο Menu:

Οθόνη 1:

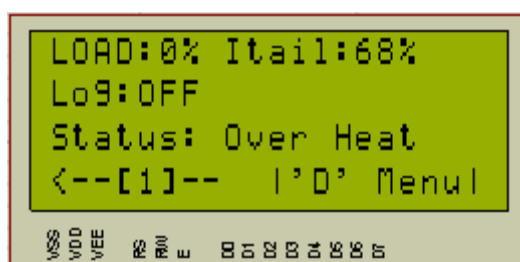
1. Στην πρώτη οθόνη λειτουργίας εμφανίζονται η ημερομηνία του συστήματος, η ώρα, το ρεύμα κατανάλωσης, η τάση των μπαταριών, οι στροφές της ανεμογεννήτριας, η θερμοκρασία των ημιαγωγικών στοιχείων καθώς επίσης και η θέση της ουράς.



Εικόνα 50

Οθόνη 2:

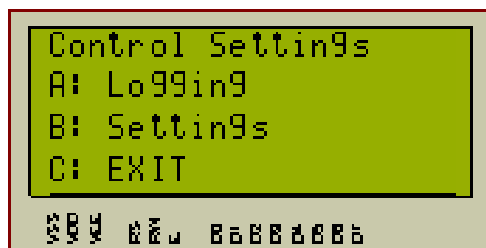
2. Πατώντας από το πληκτρολόγιο το πλήκτρο 2 εμφανίζεται το δεύτερο μενού, το οποίο μας απεικονίζει το ποσοστό συμμετοχής του RL φορτίου, το ρεύμα της ουράς, την τρέχουσα κατάσταση του συστήματος καθώς και αν έχει ενεργοποιηθεί η αποστολή δεδομένων μέσω της σειριακής θύρας.



Εικόνα 51

Ενεργοποίηση/Απενεργοποίηση Αποστολής δεδομένων μέσω σειριακής

Για την ενεργοποίηση του συστήματος αποστολής και λήψης δεδομένων θα πρέπει να μπούμε στην **οθόνη 2** και έπειτα να πατήσουμε το πλήκτρο **D** το οποίο θα μας εμφανίσει το μενού ρυθμίσεων του συστήματος.



Εικόνα 52

Πληκτρολογώντας το **A** από το πληκτρολόγιο έλεγχου επιλέγουμε την επιλογή **Logging**, η οποία αναφέρεται στην λειτουργία αποστολής δεδομένων.



Εικόνα 53

Πατώντας πάλι το πλήκτρο **A** ενεργοποιούμε ή απενεργοποιούμε την λειτουργία Logging.

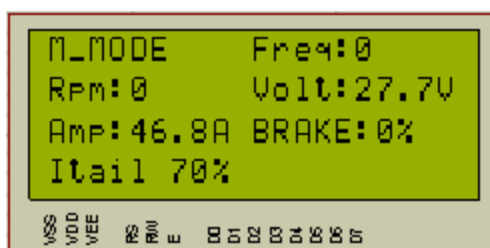
Χειροκίνητη Λειτουργία πίνακα με διακόπτη .

Για να θέσουμε τον πίνακα σε χειροκίνητη Λειτουργία πρέπει από την μετόπη του πίνακα να κατεβάσουμε τον διακόπτη όπως φαίνεται παρακάτω στα αριστερά:



Εικόνα 54

Στην περίπτωση αυτή θέτουμε το σύστημα σε Manual Mode (κάτω) και στην οθόνη LCD εμφανίζεται το αντίστοιχο μενού. Πρέπει να επισημάνουμε πως στην συγκεκριμένη κατάσταση λειτουργίας δεν εκτελείται το πρόγραμμα λειτουργίας, όπως αναφέραμε στο προηγούμενο κεφάλαιο (**‘Σενάρια Λειτουργίας Πίνακα’.**)



Εικόνα 55

Η συγκεκριμένη λειτουργία παρέχει στον χρήστη τις εξής λειτουργίες, μέσω των πλήκτρων του πληκτρολογίου:

Με το πλήκτρο 1: Εισαγωγή φρένου 30%

Με το πλήκτρο 2: Εισαγωγή φρένου 60%

Με το πλήκτρο 3: Εισαγωγή φρένου 80%

Με το πλήκτρο *: Ενεργοποίηση / Απενεργοποίηση Ανεμιστήρα Ψύξης

Με το πλήκτρο A: Απενεργοποίηση φρένου

Με το πλήκτρο B: Εισαγωγή φρένου 100%

Χειροκίνητη μετακίνηση θέσης ουράς.

Η χειροκίνητη μετακίνηση της ουράς της ανεμογεννήτριας είναι δυνατή εφόσον βρισκόμαστε σε κατάσταση Manual Mode και μετά περιστρέψουμε το κλειδί ασφαλείας δεξιά. Μέσω τον δύο μπουτόν που έχουν τοποθετηθεί στην μετόπη του πίνακα μπορούμε να πραγματοποιήσουμε κλείσιμο ή άνοιγμα της ουράς.



Εικόνα 56

4. Προγραμματισμός Μικροελεγκτή/γλώσσα C

Η γλώσσα προγραμματισμού C έχει κατά καιρούς χαρακτηριστεί σαν εξελιγμένη γλώσσα μηχανής (high level assembly language) που εύκολα ελέγχει το υλικό μέρος του υπολογιστή (hardware) . Επιπλέον η C είναι πανίσχυρη γλώσσα υψηλού επιπέδου (high level language) ικανή να υποστηρίξει μεγάλες εφαρμογές και πολύπλοκα προγράμματα .Η αλήθεια είναι ότι η γλώσσα C ικανοποιεί τις ανάγκες πολλών εφαρμογών καθώς διαθέτει μεγάλη ευελιξία και προσαρμόζεται εύκολα στις απαιτήσεις κάθε προγραμματιστή .

Συνήθως με τις γλώσσες υψηλού επιπέδου δεν είναι δυνατή η πρόσβαση σε λεπτομέρειες του υπολογιστή, σε χάρτες μνήμης , bit καταχωρητών κ.τ.λ. Τα χαρακτηριστικά αυτά κρύβονται από τον προγραμματιστή για να γίνουν οι γλώσσες κοινές για όλους (universal) και να μπορούν να μεταφέρονται μεταξύ των μηχανών .Παρόλα αυτά, οι δημιουργοί της C αποφάσισαν ότι είναι επιθυμητό να υπάρχει πρόσβαση στην καρδιά τον μηχανήματος γιατί υπήρχε σκοπός να χρησιμοποιηθεί για να γράφονται λειτουργικά συστήματα.

Εκτός της ιδιότητας της γλώσσας υψηλού επιπέδου η C κάνει, εκτεταμένη χρήση δεικτών και έμμεσης διευθυνσιοδότησης που συνήθως είναι δυνατή μόνο σε assembly.

Ακόμα η C είναι η μοναδική ίσως γλώσσα που κάνει εκτεταμένη χρήση συναρτήσεων. Ακόμα και η ίδια η εντολή με την οποία αρχίζει να εκτελείται ένα πρόγραμμα C είναι μια συνάρτηση που καλείται **main ()**. Με την χρήση αυτή γράφονται μικρότερα σε όγκο προγράμματα , καθώς δεν είναι απαραίτητο να ξαναγράφονται συναρτήσεις που χρησιμοποιούνται πολλές φορές.

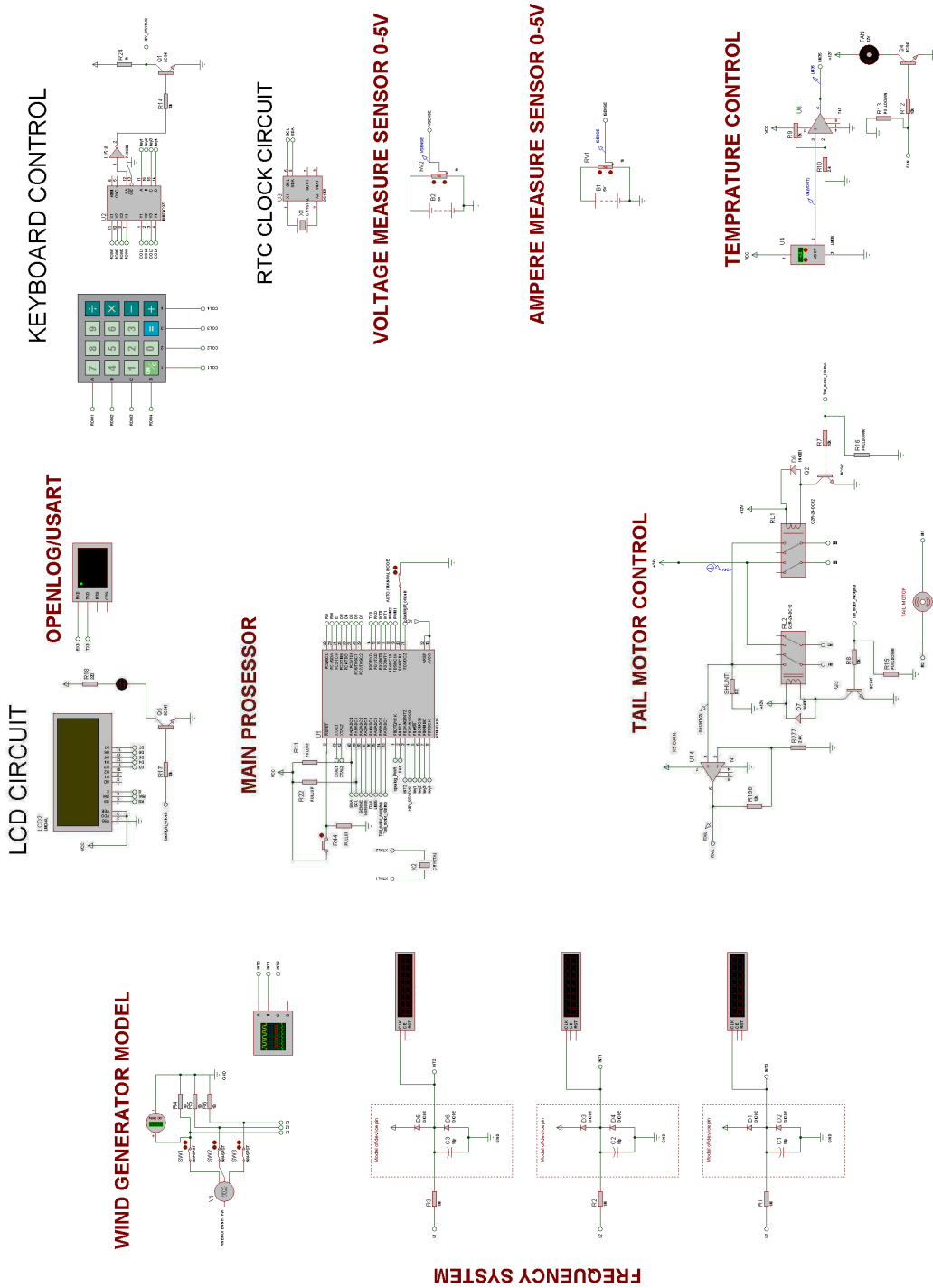
Σήμερα η γλώσσα C είναι η ιδανική γλώσσα υψηλού επιπέδου για τον προγραμματισμό μικροελεγκτών, και για αυτό το λόγο προτείνεται από την ATMEΛ για τον προγραμματισμό της σειράς ATmega.

Το πρόγραμμα αναπτύχθηκε με το λογισμικό CodeVisionAVR, ενώ ο προγραμματισμός του μικροελεγκτή έγινε με την βοήθεια του αναπτυξιακού STK200.

5. Προσομοίωση Κυκλώματος

Κατά την φάση της ανάπτυξης του κώδικα της εφαρμογής μας χρησιμοποιήσαμε ένα πρόγραμμα προσομοίωσης Spice για να εξομοιώσουμε την λειτουργία του μέσω του Η/Υ, κάτι το οποίο μας βοήθησε στην αποφυγή σφαλμάτων τόσο στον κώδικα όσο και στην κατασκευή των πλακετών. Το πρόγραμμα το οποίο χρησιμοποιήθηκε έχει την ονομασία Proteus και ανήκει στην εταιρεία Labelectronics.

Το Proteus είναι ένα πακέτο προγραμμάτων το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί από ηλεκτρολόγους / ηλεκτρονικούς καθώς επίσης και φοιτητές για την υλοποίηση κατασκευών. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα περιλαμβάνει προσομοιωτή κυκλωμάτων (αναλογικών / ψηφιακών) καθώς επίσης και εφαρμογές για την δημιουργία πρωτότυπων (PCBs), το μεγάλο πλεονέκτημα το οποίο παρέχει το συγκεκριμένο πρόγραμμα σε αντίθεση με τα άλλα προγράμματα προσομοίωσης είναι η προσομοίωση μικροελεγκτων σε πραγματικό χρόνο.



FREQUENCY SYSTEM

Θβήνη προσομίωση κυκλώματος στο πρόγραμμα Proteus

6. Σχεδιασμός Κυκλώματος

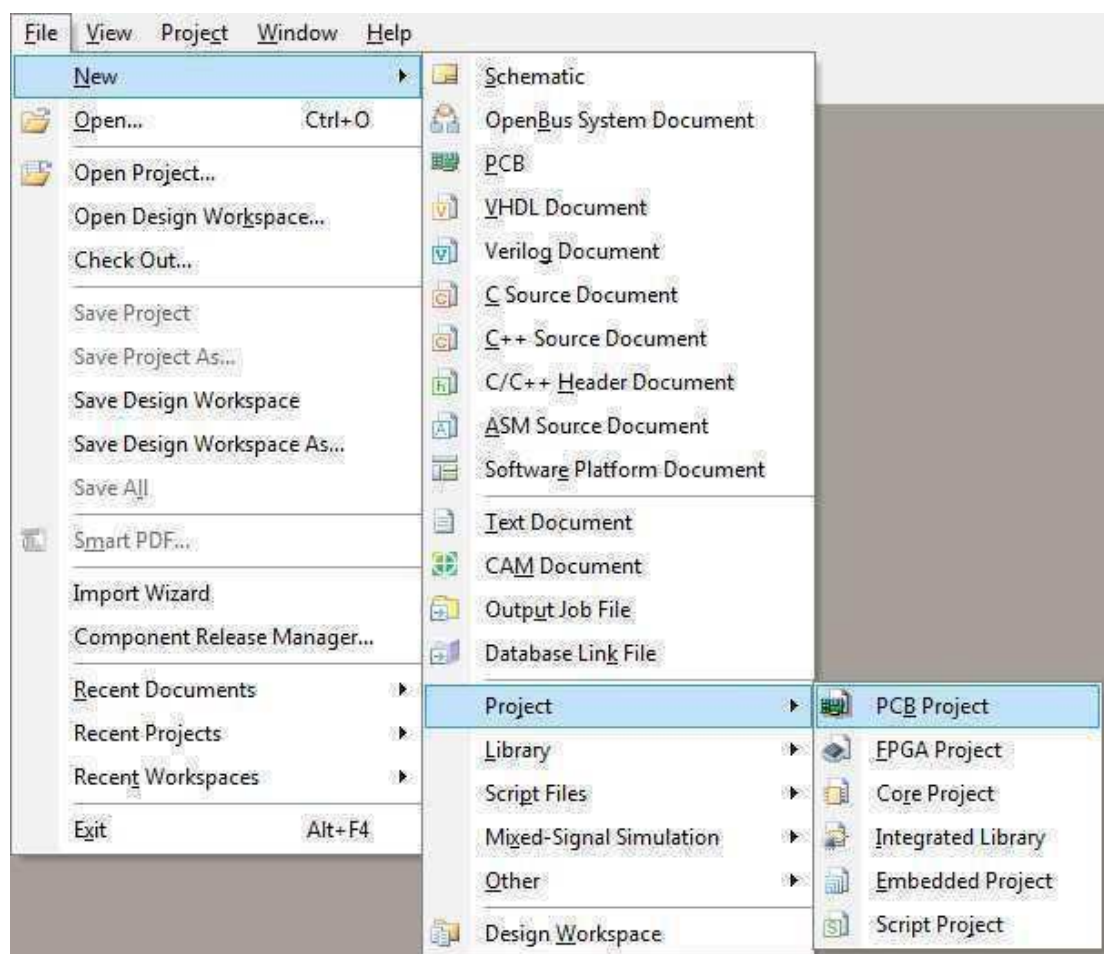
Ο βασικός τρόπος με τον οποίο υλοποιούνται τα τυπωμένα κυκλώματα είναι περίπου ο ίδιος με εξαίρεση τις εργοστασιακές κατασκευές. Για την κατασκευή χρειάστηκαν πλακέτες επιστρωμένες από χαλκό είτε από την μία μεριά αν πρόκειται να φτιάξουμε πλακέτα μίας πλευράς, είτε κι από τις δύο. Καλύπτοντας για παράδειγμα με μαρκαδόρο τις επιφάνειες όπου πρόκειται να βρίσκονται οι «δρόμοι» και οι «πίστες» τοποθετούμε την πλακέτα σε αποχαλκωτικό οξύ. Το οξύ συνήθως αποτελείται από τριχλωριούχο σίδηρο το οποίο χρειάζεται αραίωση. Αυτό με τη σειρά του διαβρώνει τις ελεύθερες επιφάνειες χαλκού αφήνοντας πίσω μόνο ό,τι χρειάζεται. Μετά από τον καθαρισμό της η πλακέτα είναι έτοιμη να τρυπηθεί και να δεχθεί τα εξαρτήματά.

Στη συγκεκριμένη κατασκευή χρησιμοποιήθηκαν φωτοευαίσθητες πλακέτες. Αυτές οι πλακέτες εκτός από την επίστρωση χαλκού διαθέτουν ακόμη μια στρώση η οποία μόλις εκτεθεί στο φως καταστρέφεται (φίλμ). Έτσι εκτυπώθηκαν τα σχέδια του κυκλώματος για δύο πλευρές/ μια πλευρά σε διαφάνειες που στη συνέχεια ευθυγραμμίστηκαν. Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν οι πλακέτες με τη διαφάνεια σε λάμπα υπεριώδους ακτινοβολίας (κλειστό θάλαμο) για περίπου τρία λεπτά κάθε μία. Έπειτα βυθίστηκε η πλακέτα σε διάλυμα νιτρικής σόδας με νερό. Με αυτό τον τρόπο εμφανίστηκαν οι δρόμοι και οι πίστες πάνω στη πλακέτα αφού διαλύθηκε το καμένο φίλμ από τα ανεπιθύμητα σημεία. Στη συνέχεια, σειρά είχε το αποχαλκωτικό οξύ το οποίο απέδωσε και την τελική μορφή των πλακέτων. Τον τρόπο με τον οποίο έγινε ο σχεδιασμός πριν την υλοποίηση του τελικού κυκλώματος θα τον δούμε παρακάτω.

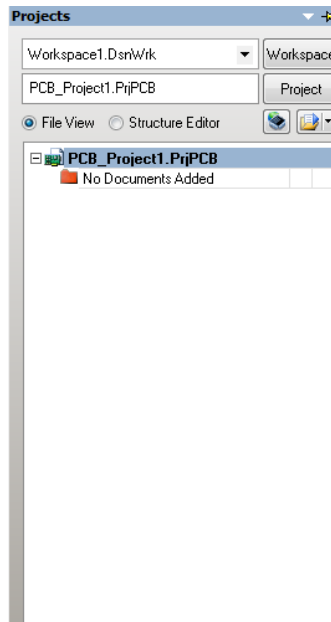
6.1 Παρουσίαση Altium Designer 10

Το Altium Designer είναι ένα επαγγελματικό πακέτο το οποίο επιτρέπει στον έμπειρο καθώς και σε έναν αρχάριο σχεδιαστή κυκλωμάτων, να σχεδιάσει με προσομοίωση ηλεκτρονικές πλακέτες. Όπως και τα άλλα προγράμματα αυτού του είδους πριν την υλοποίηση του τυπωμένου κυκλώματος, χρειάζεται να δημιουργηθεί το Σχηματικό κύκλωμα.

Η λειτουργία του Altium Designer βασίζεται στην λειτουργία των Projects έτσι αρχικά πρέπει από το μενού File > New > Project > PCB να δημιουργήσουμε ένα project που θα φιλοξενήσει τα αρχεία του κυκλώματος μας.

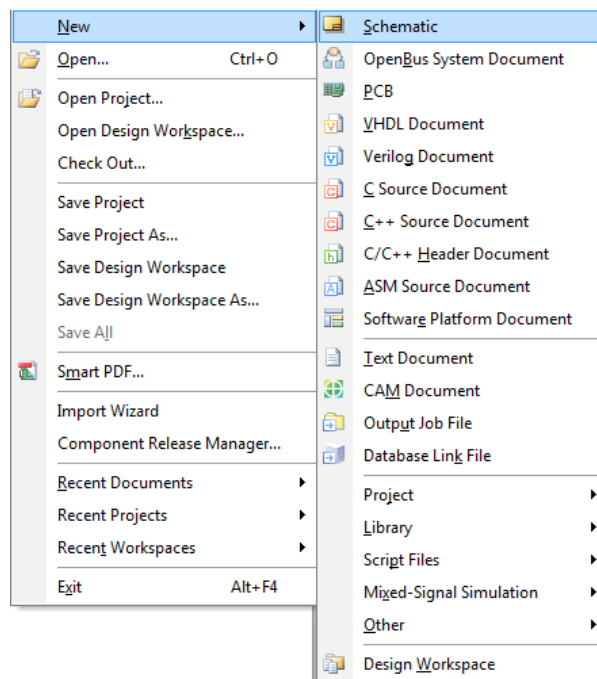


Εικόνα 57



Εικόνα 58

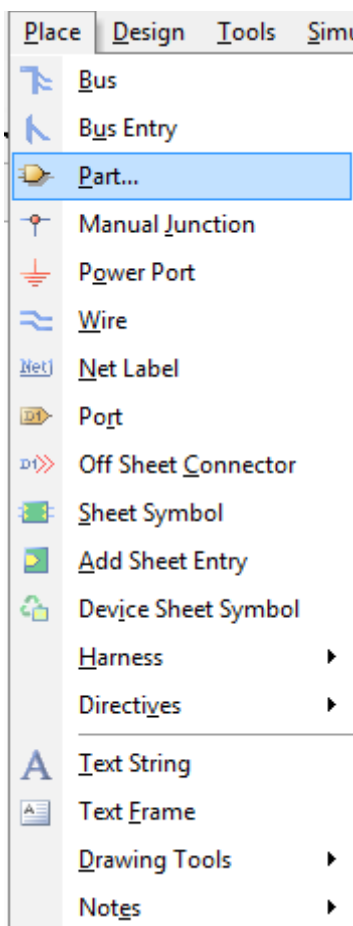
Έπειτα μέσα στο project το οποίο έχουμε δημιουργήσει τοποθετούμε το σχηματικό κύκλωμα καθώς επίσης και το κύκλωμα PCB όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 59

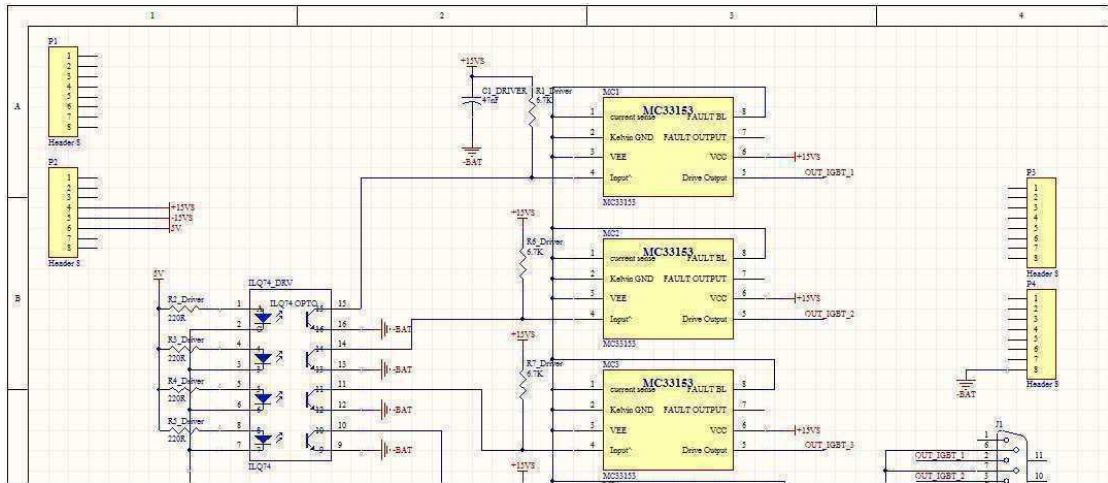
Αφού δημιουργηθούν αυτά τα δύο αρχεία είμαστε έτοιμοι για τον σχεδιασμό του κυκλώματος της κατασκευής μας.

Για την τοποθέτηση των υλικών μέσα στο σχηματικό κύκλωμα πηγαίνουμε στην καρτέλα Place > part και ψάχνουμε με λέξεις κλειδιά το υλικό που μας ενδιαφέρει.



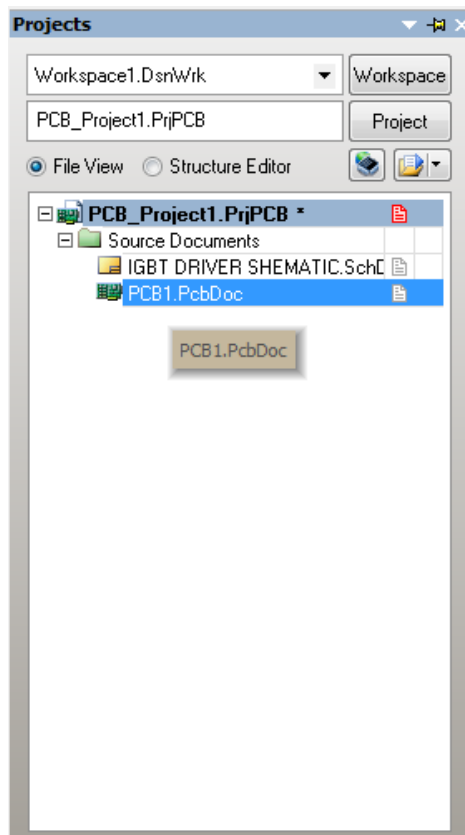
Εικόνα 60

Αφού σχεδιάσαμε το σχηματικό κύκλωμα της κατασκευής ενώνοντας κατάλληλα τα διάφορα υλικά με καλώδια (place wire) , προχωρήσαμε στην κατασκευή του τελικού PCB κυκλώματος



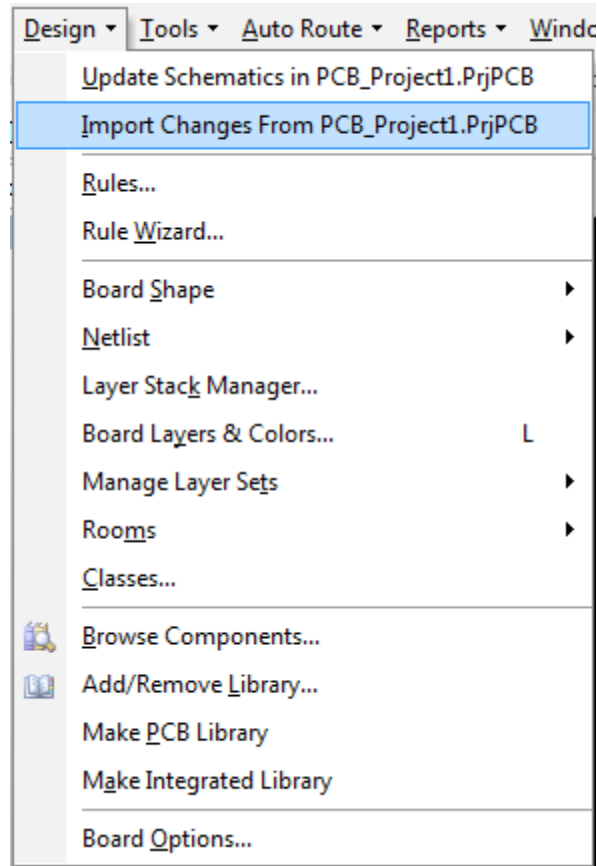
Εικόνα 61

Για την μεταφορά όλων των υλικών από το Schematic σε PCB ακολουθήσαμε τα εξής βήματα, ανοίγοντας το αρχείο PCB που είχαμε δημιουργήσει.

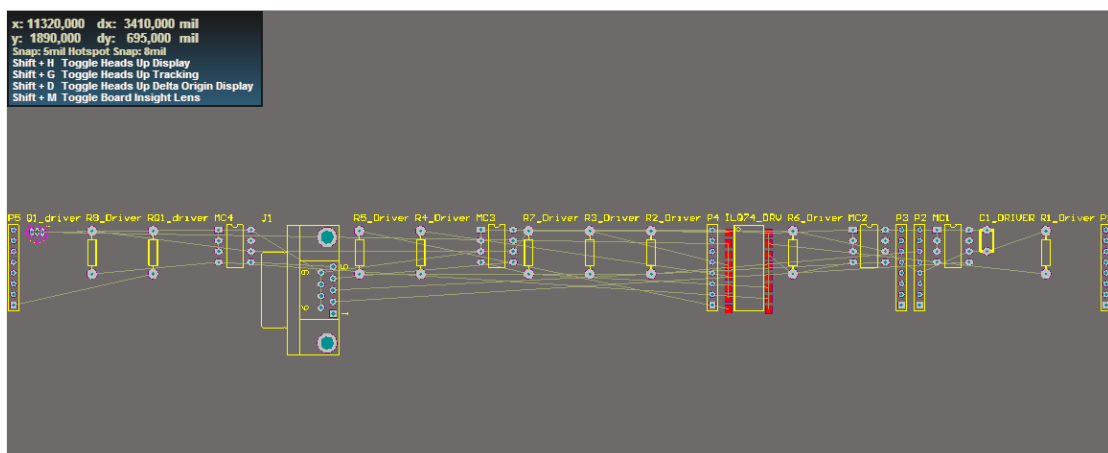


Εικόνα 62

Πήγαμε στην καρτέλα Design > Import Changes και εισάγαμε όλα τα υλικά καθώς και τις συνδέσεις από το schematic στο PCB κύκλωμα .

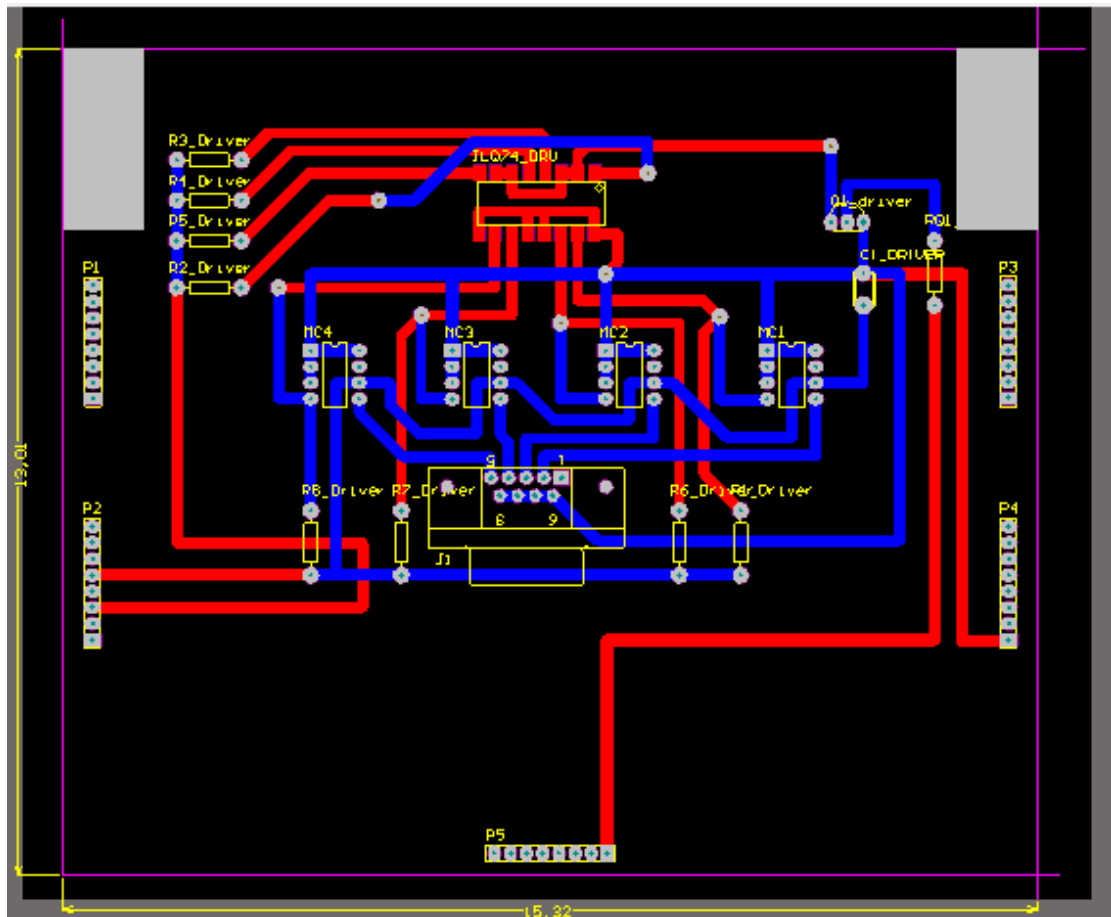


Εικόνα 63



Εικόνα 64

Έπειτα οριοθετώντας τα όρια της πλακέτας και τοποθετώντας τα υλικά στην επιθυμητές θέσεις αρχίσαμε να τραβάμε τις πίστες του κυκλώματος δημιουργώντας έτσι το τελικό PCB κύκλωμα .



Εικόνα 65

7. Κοστολόγιο κατασκευής

Αν θέλαμε να εκτιμήσουμε ένα κόστος πώλησης της συγκεκριμένης κατασκευής θα ήταν προτιμότερο να κατασκευαστούν τουλάχιστον 10 πινάκες, για να είναι η συγκεκριμένη κατασκευή συμφέρουσα.

Έτσι με μία παραγγελία υλικών για την κατασκευή 10 πινάκων πετυχαίνουνε καλύτερες τιμές στα υλικά και ταυτόχρονα μπορούμε να ρίξουμε το κόστος την τιμολόγηση του ενός πίνακα

Στον παρακάτω πίνακα φαίνετε ένα τυπικό κοστολόγιο με τιμές λιανικής.

Υλικά	Τεμάχια	Συνολική Τιμή
Αισθητήρας θερμοκρασίας	1	1,4 €
Αισθητήρας τάσης	1	40 €
Αισθητήρας Ρεύματος	1	32 €
3~Φ Γέφυρα ανόρθωσης	1	25€
DC/DC converter 5V	1	13 €
Πυκνωτές εξομάλυνσης	2	24 €
IGBTs	4	20 €
DC/DC converter +- 15V	1	18 €
IGBTs Drivers	4	8 €
Μικροελεγκτης	1	2 €
Ρελε 24V	2	10 €
Πλακέτες	2	15€
Οθόνη LCD	1	12 €
Πληκτρολόγιο 4X4	1	4 €
Λοιπά Ηλεκτρονικά	-	15 €
Καλώδια Σύνδεσης	-	8 €
Ψήκτρα	1	40 €
Κρέμες Βιομηχανικού	9	9 €

τύπου		
Γέφυρα ανόρθωσης 40Α	1	12€
Μετόπη πίνακα	1	25 €
Φορτία 1KW	4	72 €
Λοιπά Έξοδα	-	20 €
Εργασία	-	120 €
Σύνολο		545 €
*Κάρτα καταγραφής MicroSD	1	20 €

**Προαιρετικό*

8. Δυνατότητες επέκτασης

Το σύστημα ελέγχου που παρουσιάστηκε σε αυτή την εργασία όπως άλλωστε και κάθε σύστημα ελέγχου μπορεί να επιδεχθεί βελτιωτικές αλλαγές, οι οποίες θα του προσδώσουν μεγαλύτερη αξιοπιστία. Μία πραγματικά πολύ ενδιαφέρουσα βελτίωση στο σύστημα αυτό θα ήταν η απομόνωση του κυκλώματος ισχύος από το κύκλωμα ελέγχου μέσω γαλβανικών DC/DC converters καθώς επίσης και αλλαγή του αισθητήρα μέτρησης ρεύματος ουράς με κάποιο αισθητήριο Hall effect για την αποφυγή των spikes που δημιουργούνται κατά την εκκίνηση του.

9. Κώδικας Μικροελεγκτή

1

2

3

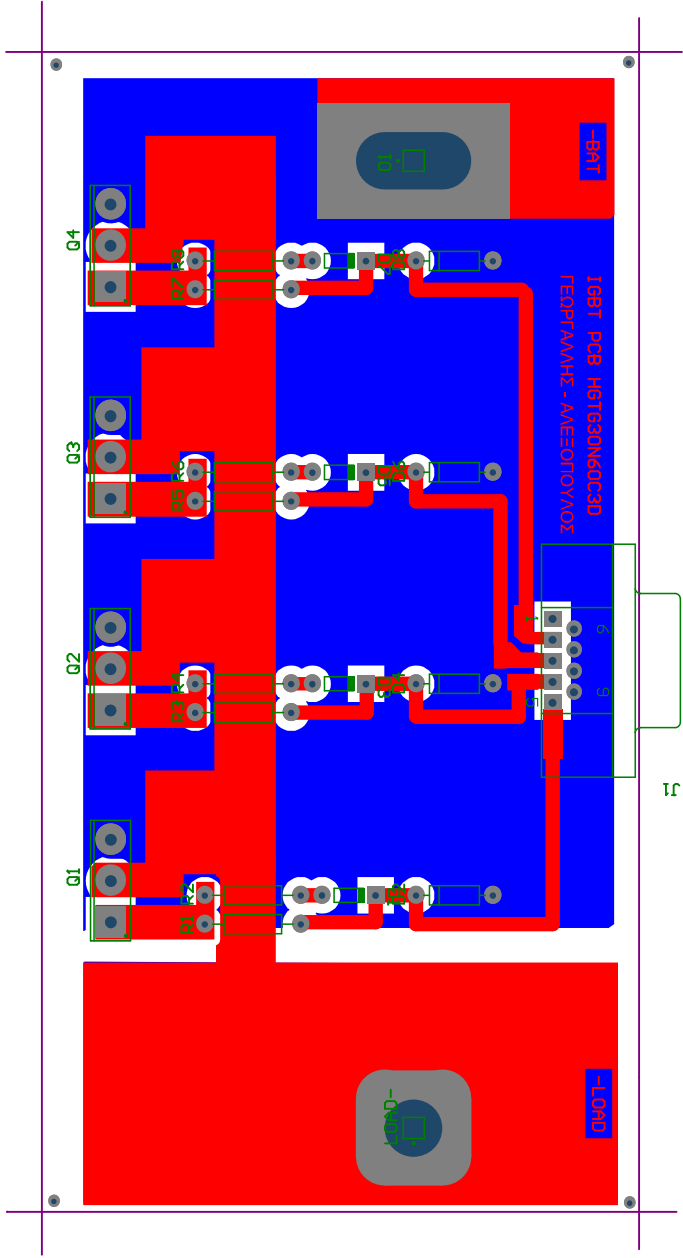
4

A

B

C

D



ENGINEERS:
 GEORGALIS & ALEXOPOULOS
 PCB DESIGNER:
 GEORGALIS & ALEXOPOULOS

TITLE:
 IGBT PCB
 FINAL YEAR PROJECT OF STUDENTS
 GEORGALIS & ALEXOPOULOS
 SUBJECT: SMALL WIND CONTROLLER WITH MCU

DATE:
 13 MARCH 2013
 FILE NAME:
 IGBT PCB

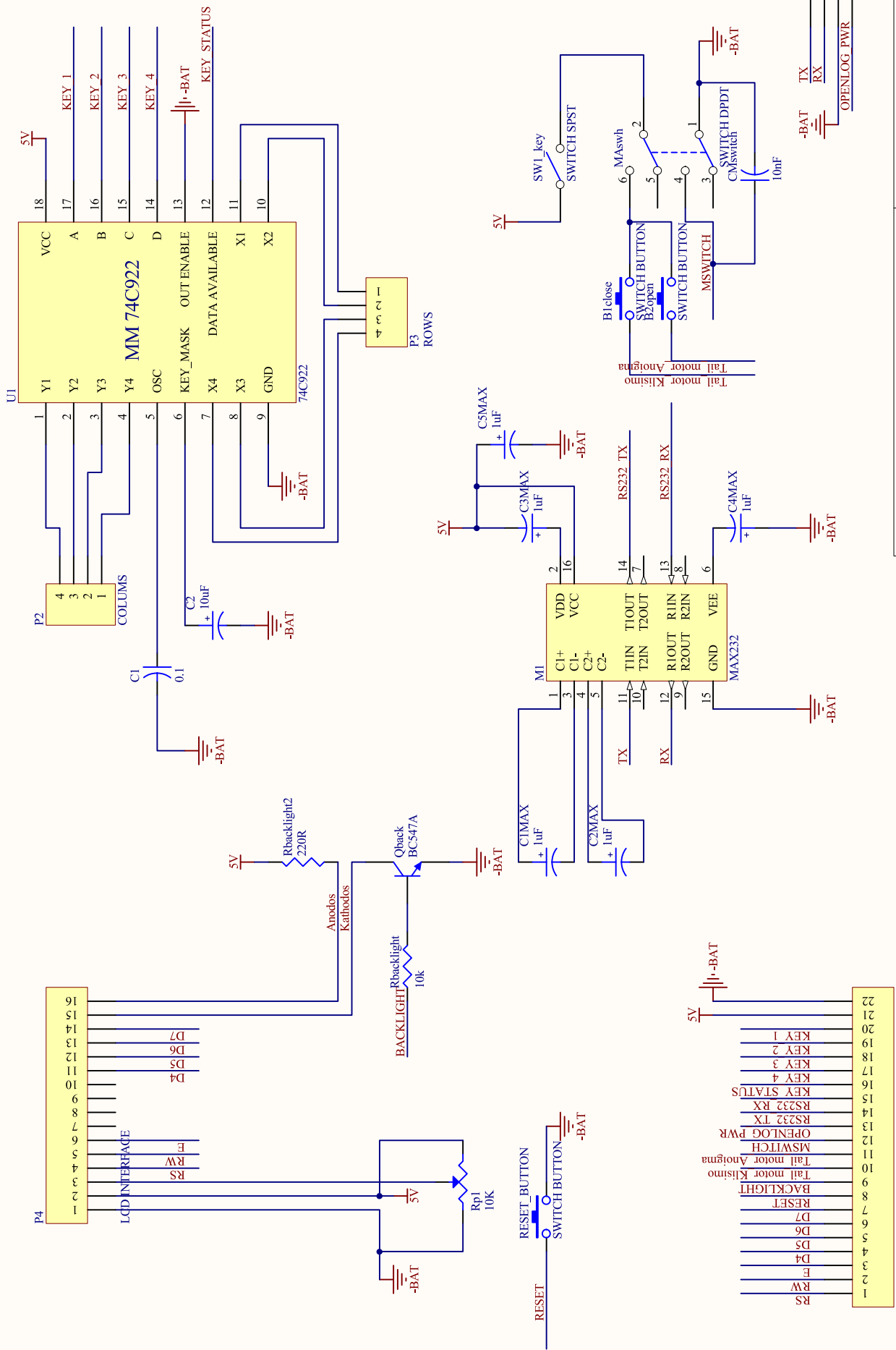
PART NO.:
 REV: 1
 DWG NO.:
 SCALE: 1:1

1

2

3

4



Title ΠΛΑΚΕΤΑ I/O LCD+KEYPAD+OPENLOG

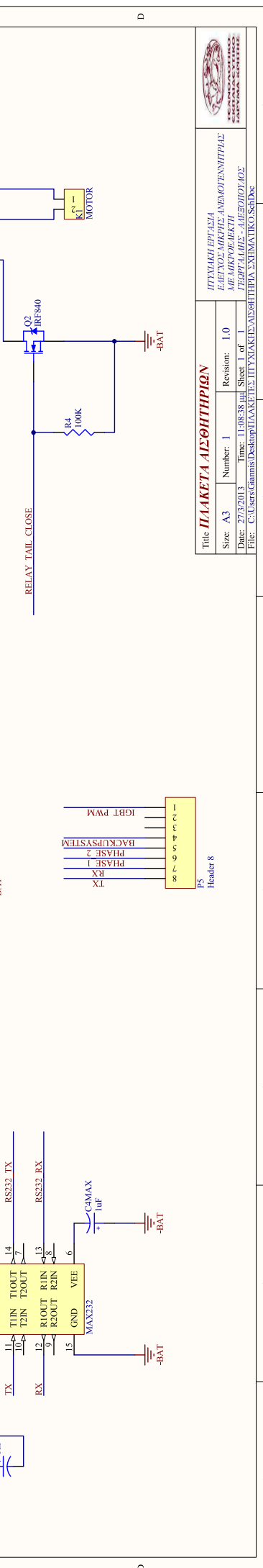
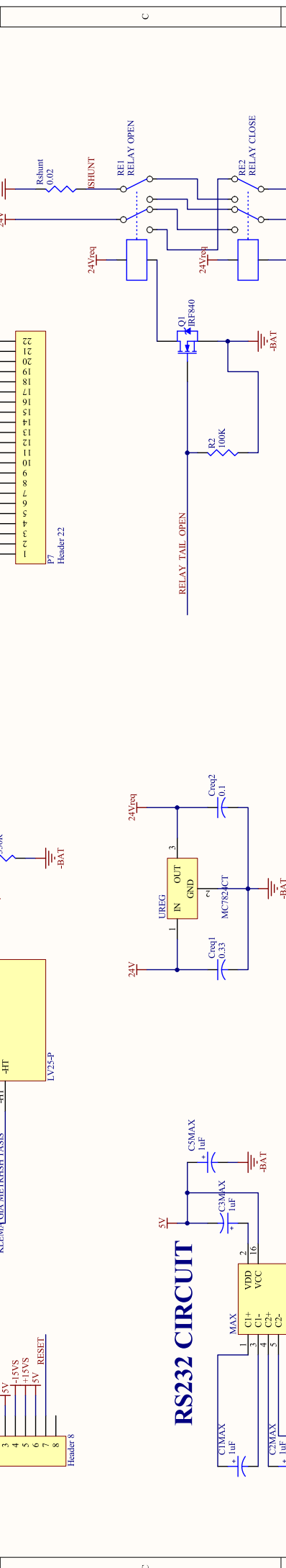
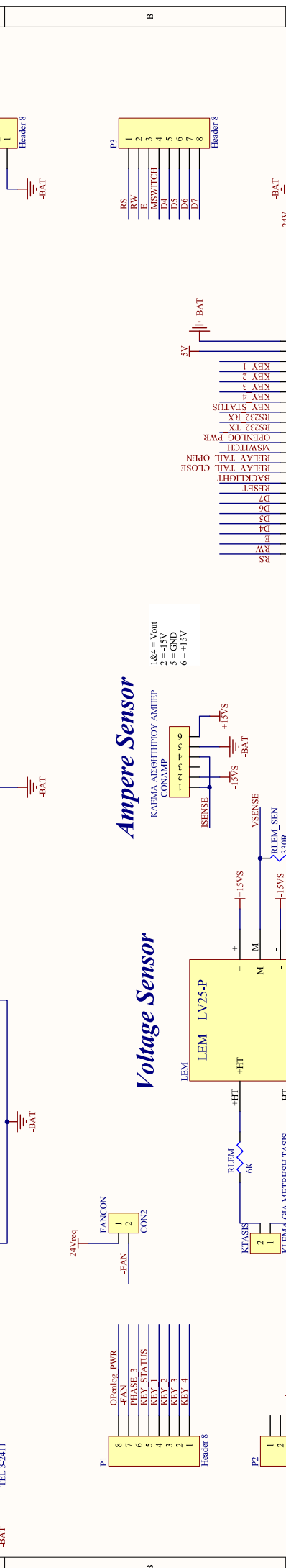
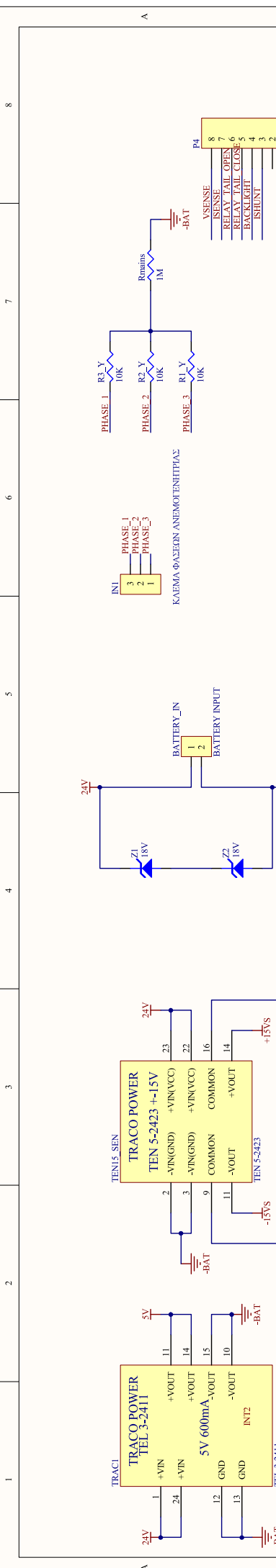
Size: A4 **Number:** 1 **Revision:** 1

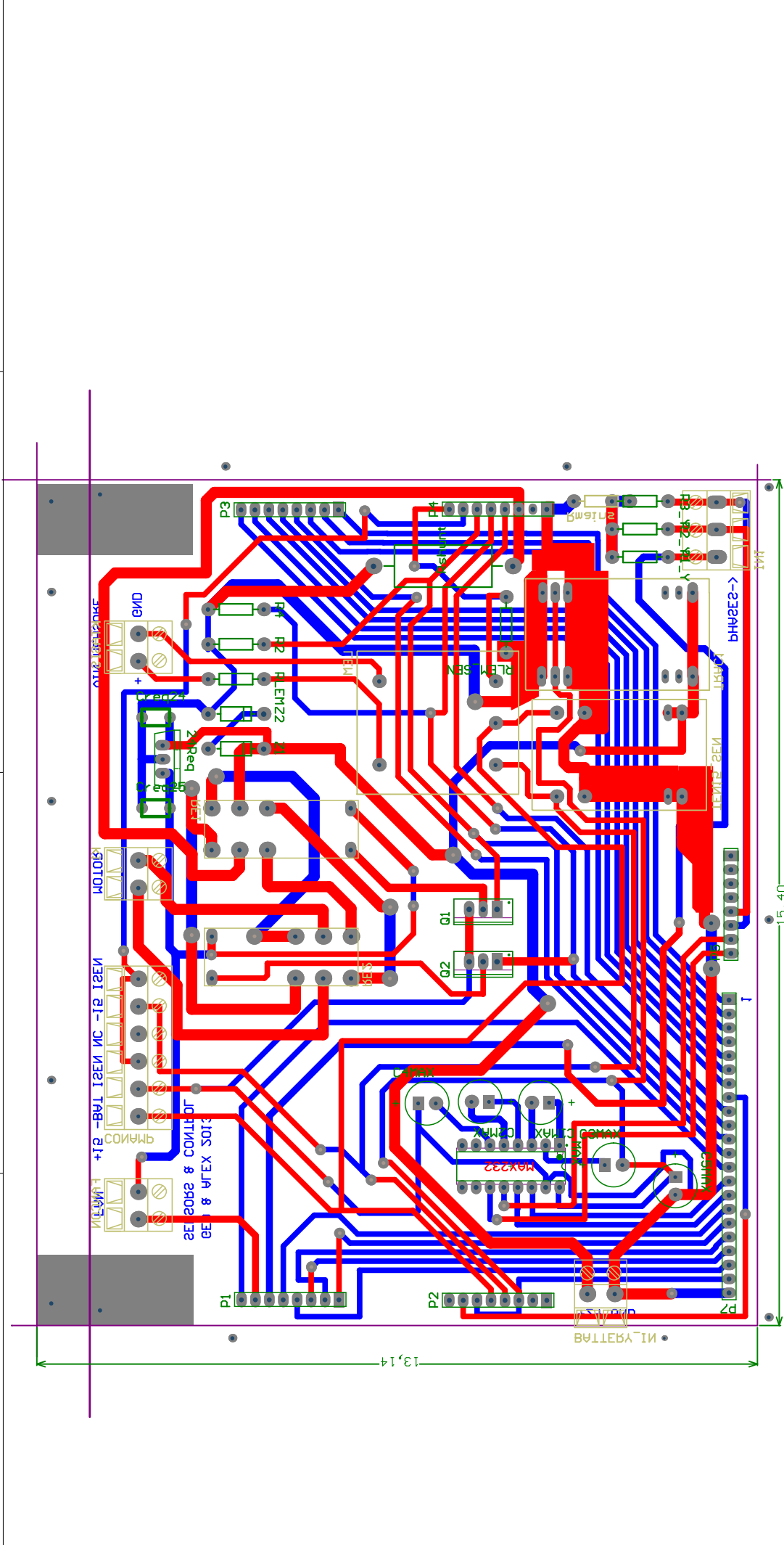
Date: 24/3/2013 **Sheet** 1 **of** 1

File: IO_LCD_KEYPAD_OPENLOG.SchDoc

ΙΤΥΛΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΕΛΕΥΘΕΡΟ ΜΙΚΡΗΣ ΑΝΕΜΟΤΕΝΝΗΠΛΑΣ
ΜΕ ΜΙΚΡΟΠΛΑΚΗΤΗ
ΓΕΩΡΓΙΑΝΝΙΔΗ - ΑΓΓΕΛΟΥΠΟΥΛΟΣ

ΚΕΝΤΡΟ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ





ENGINEERS:	GEORGALIS & ALEXOPOULOS	TITLE:	SENSORS PCB
PCB DESIGNER:	GEORGALIS & ALEXOPOULOS	FINAL YEAR PROJECT OF STUDENTS	
DATE:	13 MARCH 2013	GEORGALIS & ALEXOPOULOS	
FILE NAME:	PSU AND SENSORS PCB	SUBJECT: SMALL WIND CONTROLLER WITH MCU	
		PART NO.:	REV: 1
		DWG NO.:	SCALE: 1:1