



Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ

Τμήμα Ηλεκτρονικής

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*“Υλοποίηση συστήματος
σκόπευσης εικονολήπτη και
αισθητήρα θερμοκρασίας, μέσω
ασύρματου δικτύου Η/Υ, για
χρήση σε τηλεχειριζόμενο όχημα
προστασίας δασών”*



του σπουδαστή
Κυριαζάκου Στέφανου

ΧΑΝΙΑ 2006

ΠΕΡΙΕΧΕΙ ΣΥΝΟΔΕΥΤΙΚΟ CD-ROM



Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ

Τμήμα Ηλεκτρονικής

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*“Υλοποίηση συστήματος
σκόπευσης εικονολήπτη και
αισθητήρα θερμοκρασίας, μέσω
ασύρματου δικτύου Η/Υ, για
χρήση σε τηλεχειριζόμενο όχημα
προστασίας δασών”*

του σπουδαστή
Κυριαζάκου Στέφανου

Εισηγητής: Τωμαδάκης Ιωάννης
Εργαστηριακός Συνεργάτης του Τ.Ε.Ι. Κρήτης -
Παράρτημα Χανίων

Η εργασία εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Δομής της Ύλης και
Φυσικής Laser του Πολυτεχνείου Κρήτης, με διευθυντή τον κ.
Μουσταίζη Σταύρο

ΧΑΝΙΑ 2006

ΠΕΡΙΕΧΕΙ ΣΥΝΟΔΕΥΤΙΚΟ CD-ROM

*Η παρούσα πτυχιακή εργασία
αφιερώνεται στην οικογένεια μου*

Στέφανος

Θα ήθελα να ευχαριστήσω

Τον κ. Καστελοριζιό Γρηγόρη
(Τελειόφοιτο του Τμήματος Ηλεκτρονικής του ΤΕΙ Κρήτης)
για την βοήθεια και τα τραγούδια που μου αφιέρωσε

Τον κ. Τωμαδάκη Ιωάννη
(Εργαστηριακό Συνεργάτη του Τμήματος Ηλεκτρονικής του ΤΕΙ
Κρήτης)
για τη συνεχή βοήθεια και τις συμβουλές του

Τον κ. Αποστολάκη Μανώλη
(Μηχανολόγο Μηχανικό)
για τις μηχανικές κατασκευές του

Τον κ. Μουσταϊζή Σταύρο
(Αναπληρωτή Καθηγητή & Διευθυντή του Εργαστηρίου Δομής της Ύλης
και Φυσικής Λείζερ)
*για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με κάτι
ενδιαφέρον*

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα

Τον κ. Βαρδάκη Μανώλη
(Υπεύθυνο της Ομάδας Υλοποίησης Forecast Fires, Απόφοιτο του
Τμήματος Ηλεκτρονικής του ΤΕΙ Κρήτης & Τελειόφοιτο του Τμήματος
Ηλεκτρονικών Μηχανικών και Μηχανικών Η/Υ του Πολυτεχνείου
Κρήτης)
*για τη συνεχή καθοδήγησή του και τις ατελείωτες ώρες βοήθειας
και επίβλεψης που μου προσέφερε*

Abstract

The object of the present thesis is the construction of a system which will be used to remote control the position and the main functions of a commercial video camera and to select data from an infrared temperature sensor.

The system consists of two main units. The one is the control unit which is stable in a base station. The other carries the video camera and the temperature sensor and operates on an autonomous vehicle. The motion of the video camera and the sensor is possible in 3-axis using electronically controlled motors. The control of the whole system and the transmission of the signals of the video camera and the sensor are achieved via a wireless network.

The vehicle is used for the protection of forests and was the result of a research project which was realized in the Institute of the Matter Structure and Laser Physics in the Technical University of Crete.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της πορείας κάθε φοιτητή για την απόκτηση του πτυχίου. Στο πλαίσιο αυτής της εργασίας του δίδεται η ευκαιρία να εφαρμόσει μέρος των γνώσεων και των δεξιοτήτων που απέκτησε κατά την διάρκεια των σπουδών του, για την επίλυση συγκεκριμένων προβλημάτων. Η πρόταση για συνεργασία με το εργαστήριο ΔΟΜΗΣ ΤΗΣ ΥΛΗΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΗΣ LASER του Πολυτεχνείου Κρήτης ήταν η αφορμή για την επιλογή του θέματος της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας.

Το εργαστήριο ΔΟΜΗΣ ΤΗΣ ΥΛΗΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΗΣ LASER κατά το έτος 2005 συμμετείχε στην Καινοτόμο Ενέργεια «Φυτόριο Ιδεών Φοιτητών Πανεπιστημίων UNISTEP». Η Ενέργεια αυτή υλοποιήθηκε στο πλαίσιο του Περιφερειακού Προγράμματος Καινοτόμων Ενεργειών «CRINNO - Κρήτη Καινοτόμος Περιφέρεια» και συμμετείχαν σε αυτό το Πολυτεχνείο Κρήτης, το Πανεπιστήμιο Κρήτης και το Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας. Ο στόχος της Ενέργειας αυτής ήταν η δημιουργία ευνοϊκού περιβάλλοντος για την ανάπτυξη νέων εγχειρημάτων, πρωτότυπων προϊόντων και υπηρεσιών. Το εργαστήριο ΔΟΜΗΣ ΤΗΣ ΥΛΗΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΗΣ LASER συμμετείχε με το θέμα «Forecast Fires». Σκοπός του θέματος αυτού ήταν η ανάπτυξη ενός συστήματος που θα αποτελούνταν από μια κινητή πλατφόρμα και έναν κεντρικό σταθμό λήψης - επεξεργασίας δεδομένων και αποστολής σημάτων ελέγχου για την κίνηση της πλατφόρμας. Η κινητή πλατφόρμα θα περιελάμβανε προηγμένα οπτοηλεκτρονικά συστήματα, όπως εικονολήπτες και αισθητήρες θερμοκρασίας. Η πλατφόρμα θα βρισκόταν σε συνεχή επικοινωνία με κεντρικό σταθμό βάσης στέλνοντάς του δεδομένα από τα οπτοηλεκτρονικά συστήματα. Το σύστημα αυτό θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί κυρίως για περιφρούρηση και προστασία ευαίσθητων από πυρκαγιές περιοχών, όπως τα δάση.

Στο πλαίσιο αυτής της πτυχιακής εργασίας έγινε η υλοποίηση των προαναφερθέντων οπτοηλεκτρονικών συστημάτων της κινητής μονάδας. Συγκεκριμένα, κατασκευάστηκε σύστημα σκόπευσης εικονολήπτη και του αισθητήρα θερμοκρασίας με υπέρυθρες. Ακόμα, αναπτύχθηκε το απαραίτητο λογισμικό και κατασκευάστηκε υλικό απαραίτητο για την μεταφορά της εικόνας και των δεδομένων γενικότερα προς τον σταθερό κεντρικό σταθμό.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Αφιερώσεις	3
Ευχαριστίες	4
Πρόλογος	5
Εισαγωγή	7
Κεφάλαιο 1	
ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΚΙΝΗΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΜΕ ΣΤΑΘΜΟ ΒΑΣΗΣ	
1. Γενικά	8
1.1. Κινητή Μονάδα Επεξεργασίας και Αποστολής Δεδομένων	8
1.2. Σταθμός Βάσης	11
1.3. Ασύρματο Τοπικό Δίκτυο Επικοινωνίας	11
1.4. Επικοινωνία Εφαρμογής	19
1.5. Λογισμικό Επικοινωνίας	20
Κεφάλαιο 2	
ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	
2. Γενικά	23
2.1. Αισθητήρας Θερμοκρασίας με Υπέρυθρες	24
2.2. Κύκλωμα Μέτρησης Θερμοκρασίας από Απόσταση	26
2.3. Λογισμικό Εφαρμογής	29
Κεφάλαιο 3	
ΣΚΟΠΕΥΣΗ	
3. Γενικά	31
3.1. Βηματικοί Κινητήρες	31
3.2. Κινητήρες Συνεχούς Ρεύματος	44
3.3. Κύκλωμα Σκόπευσης	54
3.4. Πρόγραμμα Εφαρμογής	67
Κεφάλαιο 4	
ΤΗΛΕΧΕΙΡΙΣΜΟΣ ΕΙΚΟΝΟΛΗΠΤΗ	
4. Γενικά	73
4.1. Κώδικες Υπέρυθρων Τηλεχειριστηρίων	74
4.2. Κύκλωμα Τηλεχειρισμού	78
4.3. Πρόγραμμα Εφαρμογής	81
Βιβλιογραφία	86
Παράρτημα	87

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όλοι γνωρίζουμε την προσπάθεια που καταβάλλεται από την πολιτεία κάθε χρόνο και ειδικότερα τους καλοκαιρινούς μήνες για την πυροπροστασία των δασών και των εθνικών δρυμών. Η απαίτηση για συνεχή περιφρούρηση και παρακολούθηση αναγκάζει την πολιτεία στην πρόσληψη έκτακτου προσωπικού τους θερινούς μήνες. *Τι γίνεται όμως εκεί όπου η ανθρώπινη πρόσβαση και η συνεχή επίβλεψη είναι δύσκολη υπόθεση;*

Μια λύση θα ήταν η κατασκευή μιας κινητής πλατφόρμας η οποία θα μπορούσε να μεταφέρει εικόνα, ήχο αλλά και κάθε είδους πληροφορία σχετική με τον επιβλέποντα χώρο, σε μακρινή απόσταση. Η πλατφόρμα αυτή θα μπορούσε να λειτουργήσει είτε αυτόνομα είτε με τηλεχειρισμό από άνθρωπο.

Όλα τα παραπάνω και με την ευκαιρία της Καινοτόμου Ενέργειας «Φυτόριο Ιδεών Φοιτητών Πανεπιστημίων UNISTEP» ώθησαν το εργαστήριο ΔΟΜΗΣ ΤΗΣ ΥΛΗΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΗΣ LASER στην ανάπτυξη ενός συστήματος έρευνας - επίβλεψης και συλλογής δεδομένων. Το σύστημα αυτό αποτελείται από μια αυτοκινούμενη πλατφόρμα (Κινητή Μονάδα) και έναν κεντρικό σταθμό λήψης και επεξεργασίας δεδομένων (Σταθμός Βάσης). Η πλατφόρμα αυτή βρίσκεται σε συνεχή ασύρματη επικοινωνία με το σταθμό βάσης και ελέγχεται από αυτόν ενώ στέλνει συνεχώς πληροφορίες για τον επιβλέποντα χώρο. Οι πληροφορίες αυτές λαμβάνονται από τα διάφορα οπτοηλεκτρονικά συστήματα που είναι προσαρμοσμένα στην κινητή μονάδα. Συγκεκριμένα μεταδίδεται εικόνα από εικονολήπτη (video camera) και η μετρούμενη θερμοκρασία του περιβάλλοντος χώρου από αισθητήρα υπερύθρων. Σημαντικό πλεονέκτημα στα οπτοηλεκτρονικά αυτά συστήματα είναι και ο έλεγχος σκόπευσης που παρέχεται. Με την έννοια σκόπευση, εννοούμε τον έλεγχο κίνησης και εστίασης σε κάτι συγκεκριμένο.

Στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας αυτής γίνεται αναφορά στην κινητή μονάδα, το σταθμό βάσης και την ασύρματη επικοινωνία μεταξύ τους, στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται η περιγραφή του συστήματος μέτρησης της θερμοκρασίας με αισθητήρα υπερύθρων, στο τρίτο κεφάλαιο αναλύεται το σύστημα σκόπευσης του εικονολήπτη και του αισθητήρα υπερύθρων και στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύεται το σύστημα τηλεχειρισμού του εικονολήπτη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΚΙΝΗΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΜΕ ΣΤΑΘΜΟ ΒΑΣΗΣ

1. Γενικά

Στο πρώτο κεφάλαιο αυτής της εργασίας γίνεται αναφορά στην κινητή μονάδα (Κ.Μ.) και στην επικοινωνία της με τον σταθμό βάσης (Σ.Β.). Ο σταθμός βάσης δεν είναι τίποτα άλλο από ένα υπολογιστικό σύστημα. Ο σκοπός του σταθμού βάσης είναι η συλλογή δεδομένων από την κινητή μονάδα. Έτσι μπορεί ο χρήστης να ενημερώνεται σε πραγματικό χρόνο με εικόνα και άλλες πληροφορίες που στέλνονται από την κινητή μονάδα. Η κινητή μονάδα είναι και αυτή ένα υπολογιστικό σύστημα το οποίο βρίσκεται στην κινητή πλατφόρμα και αναλαμβάνει την επεξεργασία και την αποστολή δεδομένων, από και προς τον σταθμό βάσης. Η επικοινωνία μεταξύ του σταθμού βάσης και της κινητής μονάδας γίνεται με ένα ασύρματο τοπικό δίκτυο.

1.1. Κινητή Μονάδα Επεξεργασίας και Αποστολής

Δεδομένων

Η κινητή μονάδα επεξεργασίας και αποστολής δεδομένων αναλαμβάνει όλες τις λειτουργίες των περιφερειακών υποσυστημάτων. Το κεντρικό υπολογιστικό σύστημα αναθέτει στα επιμέρους υποσυστήματα τις διεργασίες που θα πραγματοποιηθούν. Το κεντρικό υπολογιστικό σύστημα της κινητής μονάδας δεν είναι τίποτε άλλο από ένα υπολογιστή με τα απαραίτητα περιφερειακά του. Βασικά χαρακτηριστικά αυτού του υπολογιστή είναι η χαμηλή τάση τροφοδοσίας του (12V DC) και η χαμηλή του κατανάλωση.

Αναλυτικότερα, ο υπολογιστής αποτελείται από:

- ✓ Επεξεργαστή: 1 GHz Celeron
- ✓ Μητρική Κάρτα: EPIR mini - ITX
- ✓ Σκληρό Δίσκο: 80 GB
- ✓ Μνήμη RAM: DDR 400FSB 512 MB
- ✓ Κάρτα Video PCI: SPECTRA 8 (MULTI – INPUT VIDEO CAPTURE CARD)
- ✓ CD – ROM: 32x
- ✓ Λειτουργικό Σύστημα: Windows 2000

Το λειτουργικό σύστημα που χρησιμοποιεί ο υπολογιστής είναι το συνηθισμένο σύστημα των Windows 2000 το οποίο επιτρέπει την εκτέλεση προγραμμάτων στα οποία θα γίνεται αναφορά παρακάτω.

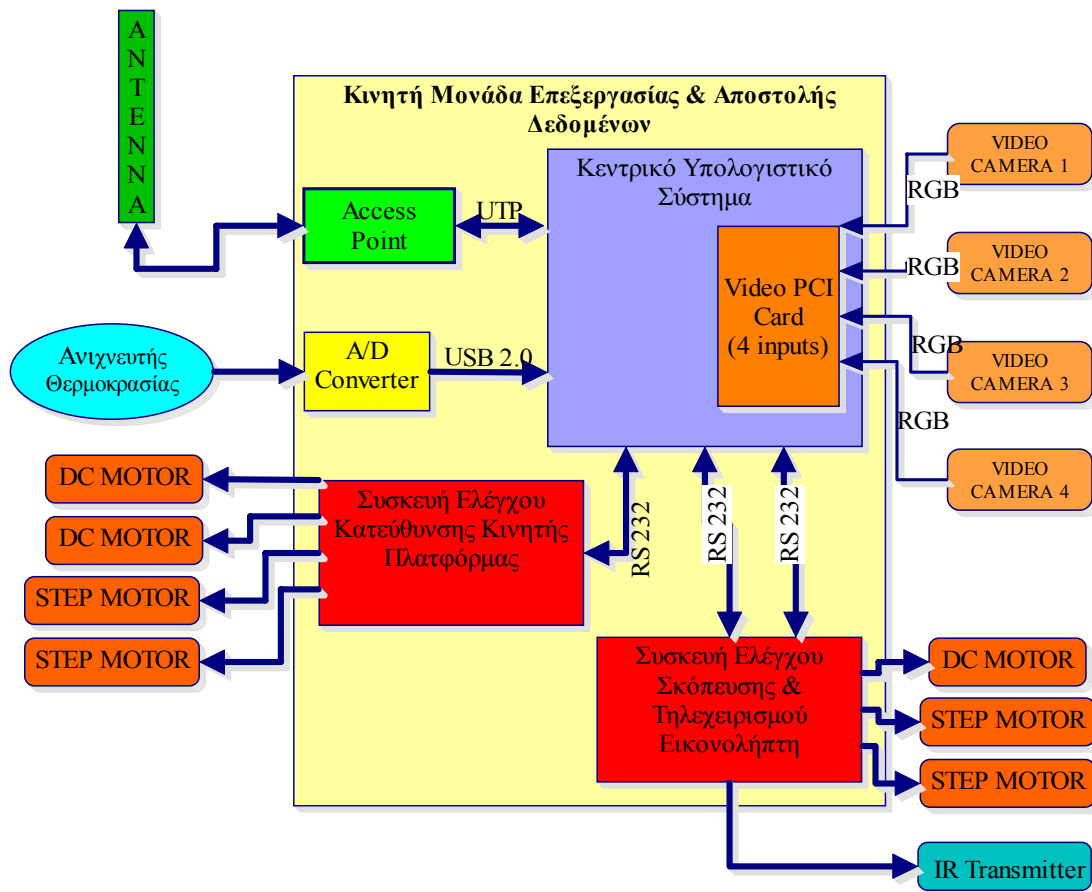


Εικόνα 1.1: Υπολογιστικό σύστημα κινητής μονάδας

Τα υποσυστήματα στα οποία αναθέτει διεργασίες ο υπολογιστής είναι ένας μετατροπέας αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A/D Converter), μια «Συσκευή Ελέγχου Κατεύθυνσης Κινητής Πλατφόρμας» και μια «Συσκευή Ελέγχου Σκόπευσης

& Τηλεχειρισμού Εικονολήπτη». Η «Συσκευή Ελέγχου Σκόπευσης & Τηλεχειρισμού Εικονολήπτη» αναλύεται στα κεφάλαια 3 και 4 της παρούσας εργασίας, ενώ στο κεφάλαιο 2 γίνεται αναφορά στο μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακό.

Για τη ψηφιοποίηση της εικόνας από το χώρο της κινητής πλατφόρμας, το κεντρικό υπολογιστικό σύστημα είναι εξοπλισμένο με μια κάρτα Video PCI τεσσάρων εισόδων. Η σύνδεση της κάρτας με τους εικονολήπτες (video cameras) γίνεται μέσω τριών καλωδίων RCA για τη μεταφορά του σήματος βίντεο. Η διασύνδεση του κεντρικού υπολογιστικού συστήματος, με τη «Συσκευή Ελέγχου Κατεύθυνσης Κινητής Πλατφόρμας» και με τη «Συσκευή Ελέγχου Σκόπευσης & Τηλεχειρισμού Εικονολήπτη» επιτυγχάνεται μέσω του πρωτοκόλλου RS-232. Για τη μεταφορά των δεδομένων από τον μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (A/D Converter) χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο USB και για τη διασύνδεση με τον πομποδέκτη του ασύρματου τοπικού δικτύου χρησιμοποιείται αθωράκιστο καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους (UTP).

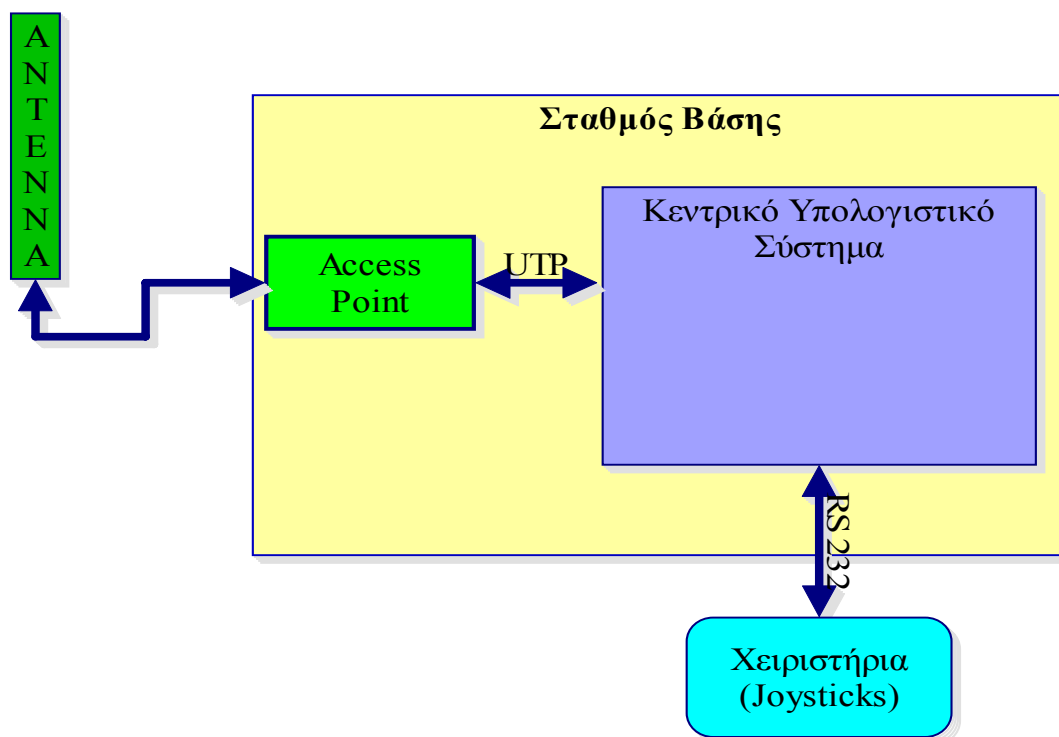


Σχήμα 1.1: Διάγραμμα κινητής μονάδας

Ο χρονοπρογραμματισμός και η προτεραιότητα των διεργασιών του κεντρικού υπολογιστικού συστήματος καθορίζονται από το χρήστη μέσω ασύρματου τοπικού δικτύου (WLAN) στο οποίο γίνεται αναφορά πιο κάτω.

1.2. Σταθμός Βάσης

Ο σταθμός βάσης αποτελείται από έναν ή παραπάνω Η/Υ που δέχονται τα δεδομένα που αποστέλλει η κινητή μονάδα. Ο υπολογιστής του σταθμού βάσης δεν χρειάζεται να έχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Αρκεί να μπορεί να τρέξει το αναγκαίο λογισμικό για την επικοινωνία με το υπολογιστικό σύστημα της κινητής μονάδας. Η επικοινωνία αυτή επιτυγχάνεται μέσω του πομποδέκτη του ασύρματου τοπικού δικτύου (WLAN).



Σχήμα 1.2: Δομικό διάγραμμα σταθμού βάσης

1.3. Ασύρματο Τοπικό Δίκτυο Επικοινωνίας

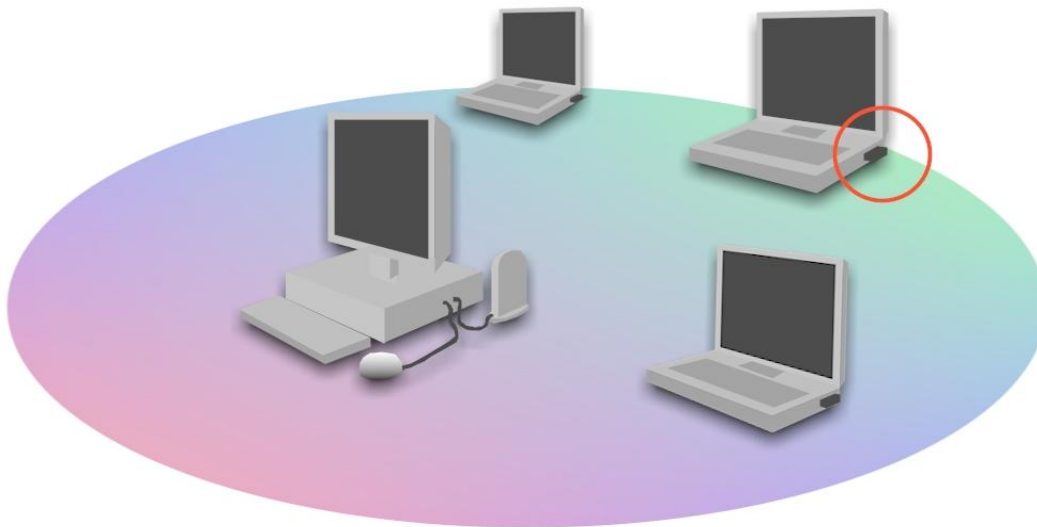
Όπως προαναφέρθηκε, η επικοινωνία μεταξύ της κινητής μονάδας και του σταθμού βάσης επιτυγχάνεται μέσω ενός ασύρματου τοπικού δικτύου. Στη συνέχεια της παραγράφου γίνεται μια αναφορά και μία ιστορική ανασκόπηση γενικά για τα ασύρματα δίκτυα.

Τα πρώτα επίσημα βήματα ξεκίνησαν το 1997, όταν το ινστιτούτο IEEE (Institute Electrical and Electronics Engineers) καθιέρωσε το πρότυπο 802.11 για τα ασύρματα δίκτυα. Με τη μέγιστη ταχύτητα μεταφοράς να φθάνει τα 2 Mbps, το 802.11 μπορούσε να καλύψει τις δικτυακές ανάγκες. Το πρότυπο 802.11 αποτελεί μέχρι σήμερα τον κύριο εκπρόσωπο της δικτύωσης στα ασύρματα τοπικά δίκτυα (Wireless Local Area Network).

Οι υπολογιστές που απαρτίζουν ένα ασύρματο τοπικό δίκτυο είναι εξοπλισμένοι με ασύρματες κάρτες δικτύου, κυρίως σε μορφή καρτών PCMCIA και συσκευών USB. Για τη χρήση κάρτας PCMCIA σε επιτραπέζιο υπολογιστή απαιτείται ένας ειδικός ελεγκτής PCI, ο οποίος σε ορισμένες περιπτώσεις συνοδεύει την κάρτα. Η εμβέλεια των ασύρματων καρτών και συσκευών εξαρτάται από πολλές παραμέτρους:

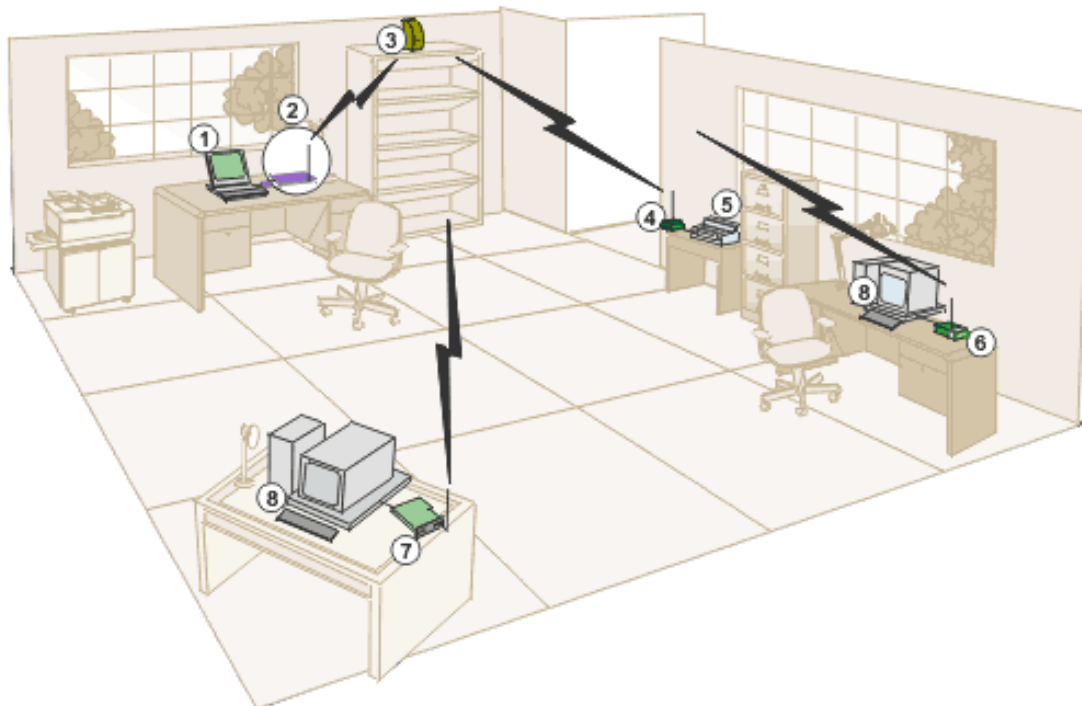
- ✓ την ποιότητα κατασκευής του προϊόντος (κυρίως από τον πομποδέκτη),
- ✓ την τεχνολογία μετάδοσης που χρησιμοποιείται,
- ✓ τον περιβάλλοντα χώρο και την
- ✓ ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων.

Οποιαδήποτε στιγμή βρεθούν δύο ή περισσότεροι υπολογιστές στην ακτίνα δράσης των ασύρματων καρτών τους, αυτόματα συνθέτουν ένα ομότιμο δίκτυο (peer to peer). Αυτή είναι και η απλούστερη μορφή ενός ασύρματου δικτύου η οποία εξυπηρετεί περιορισμένες ανάγκες και τη συναντάμε σε μικρά δίκτυα. Όλοι οι υπολογιστές σε ένα ομότιμο δίκτυο έχουν τα ίδια δικαιώματα και μοιράζονται εξίσου τους πόρους του δικτύου. Στο Σχήμα 1.3, φαίνεται η σχηματική αναπαράσταση ενός δικτύου peer to peer.



Σχήμα 1.3: Σχηματική αναπαράσταση ενός ασύρματου δικτύου peer to peer

Για την επικοινωνία πολλών ανεξάρτητων δικτύων που συνδέονται μεταξύ τους ή για την επικοινωνία ενός ασύρματου δικτύου με ένα ενσύρματο, χρησιμοποιούνται τα λεγόμενα Σημεία Πρόσβασης (Access Points). Πρόκειται για ειδικές συσκευές που διαθέτουν θύρα Ethernet και λειτουργούν κατά κάποιο τρόπο όπως τα hub, παρέχοντας όμως κάποιες επιπλέον δυνατότητες. Τα Σημεία Πρόσβασης έχουν μεγαλύτερη ακτίνα δράσης από τις απλές ασύρματες κάρτες και έτσι επεκτείνουν την εμβέλεια του ασύρματου δικτύου. Επιπλέον τα Σημεία Πρόσβασης ελέγχουν την κίνηση του δικτύου, κατανέμουν ανάλογα με τον αριθμό των υπολογιστών το διαθέσιμο εύρος ζώνης και φροντίζουν να κατευθύνουν τα πακέτα πληροφοριών. Στο Σχήμα 1.4, φαίνεται η σχηματική αναπαράσταση ενός ασύρματου δικτύου στο οποίο χρησιμοποιούνται Σημεία Πρόσβασης.



Σχήμα 1.4: Σχηματική αναπαράσταση ενός ασύρματου δικτύου με Σημεία Πρόσβασης

Η ασύρματη επικοινωνία επιτυγχάνεται με τη χρήση ηλεκτρομαγνητικών σημάτων, είτε υπέρυθρων είτε ραδιοκυμάτων. Λόγω όμως των γνωστών σοβαρών μειονεκτημάτων που παρουσιάζει η επικοινωνία με υπέρυθρες ακτίνες προτιμώνται τα ραδιοκύματα.

Η επικοινωνία με ραδιοκύματα χρησιμοποιείται ευρέως για την ασύρματη σύνδεση πληθώρας ηλεκτρονικών συσκευών, συμπεριλαμβανομένων φυσικά και των προσωπικών ηλεκτρονικών υπολογιστών. Τα πρότυπα επικοινωνίας είναι πολλά. Αυτή τη στιγμή κυριαρχούν τα 802.11b και Bluetooth. Άλλα πρότυπα είναι το 802.11a (διάδοχος του 802.11b), το Home RF, το DECT (γνωστό από τα ασύρματα τηλέφωνα) και το HyperLAN/2 (παρόμοιο με το 802.11a). Παρακάτω αναλύονται μερικά από τα πρότυπα αυτά εκτενέστερα.

- **Home RF**

Το πρότυπο Home RF αναπτύχθηκε το 1998 για οικιακές κυρίως ανάγκες. Η επικοινωνία μεταξύ των συσκευών γίνεται με ραδιοκύματα στη ζώνη συχνοτήτων ISM (Industrial Scientific and Medical band) των 2,4 GHz. Το Home RF

χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο SWAP (Shared Wireless Application Protocol). Μολονότι έχουν κάνει την εμφάνιση τους νέες και βελτιωμένες εκδόσεις του, προς το παρόν από τους περισσότερους κατασκευαστές προτιμάται το 802.11b.

▪ 802.11b

Το πρότυπο 802.11b θεσπίστηκε το Σεπτέμβριο του 1999 από το IEEE και αποτελεί βελτιωμένη έκδοση του προγενέστερου 802.11. Υποστηρίζει ταχύτητες μέχρι και 11 Mbrps κάτω από ιδανικές συνθήκες (ανοιχτοί χώροι, μικρή απόσταση μεταξύ των κόμβων κ.λπ.). Το 802.11b, όπως και ο προκάτοχός του, λειτουργεί στα 2,4 GHz της ζώνης συχνοτήτων ISM. Για την ακρίβεια, λειτουργεί στα 2,4 έως 2,4835 GHz, προσφέροντας συνολικό εύρος ζώνης 83,5 MHz. Η ουσιαστική διαφορά των δύο προτύπων έγκειται στη μέγιστη ταχύτητα διαμεταγωγής που παρέχουν, η οποία διαφοροποιείται λόγω της μεθόδου που χρησιμοποιούν για τη μεταφορά δεδομένων. Εντούτοις και οι δύο μέθοδοι υπάγονται στην τεχνολογία Spread Spectrum, η οποία αναπτύχθηκε αρχικά για στρατιωτικές εφαρμογές στις οποίες απαιτείται ένα αξιόπιστο και ασφαλές σύστημα επικοινωνίας. Πρόκειται για μια τεχνική διαμόρφωσης του σήματος που διαδίδει τα προς εκπομπή δεδομένα σε όλο το διαθέσιμο φάσμα συχνοτήτων, σύμφωνα πάντα με ένα προκαθορισμένο πλαίσιο. Με αυτόν τον τύπο διαμόρφωσης, το σήμα είναι καλύτερα θωρακισμένο από το θόρυβο και τις παρεμβολές και επιτρέπει να μοιράζονται μια συχνότητα λειτουργίας πολλοί χρήστες με όσο το δυνατόν μικρότερες παρεμβολές από άλλους χρήστες. Το πρότυπο 802.11 χρησιμοποιεί τη μέθοδο FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum), ενώ το 802.11b την DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum). Με τη μέθοδο FHSS ο πομπός και ο δέκτης συγχρονίζονται να αλλάζουν κανάλι επικοινωνίας με μια προκαθορισμένη ψευδο-τυχαία σειρά. Ασφαλώς, η προκαθορισμένη σειρά επιλογής των καναλιών είναι γνωστή μόνο στους κόμβους που «μιλάνε» μεταξύ τους. Στην Αμερική και στην Ευρώπη το 802.11 καθορίζει 79 κανάλια και 78 διαφορετικούς τρόπους εναλλαγής των καναλιών. Εάν το σήμα ληφθεί από κάποιον μη εξουσιοδοτημένο δέκτη ερμηνεύεται ως μικρής διάρκειας θόρυβος και αγνοείται. Με τη μέθοδο DSSS δημιουργείται ένα εφεδρικό bit για κάθε bit που αποστέλλεται το οποίο καλείται τσιπ (chip). Ακόμα και αν κατά την αποστολή δεδομένων χαθούν κάποια bit, είναι δυνατόν να ανακτηθούν χωρίς να είναι απαραίτητη η εκ νέου αποστολή τους, κάτι που επιφέρει καθυστέρηση στη μεταφορά των δεδομένων και επιβαρύνει την κίνηση στο δίκτυο. Αν κάποιος δέκτης λάβει τα σήματα χωρίς να είναι

σε θέση να τα αποκωδικοποιήσει, θα τα «ερμηνεύσει» ως θόρυβο και θα τα αγνοήσει. Ενώ και τα δύο πρότυπα λειτουργούν στην ίδια συχνότητα, θα ισχυριζόταν κανείς ότι τίθεται θέμα ασυμβατότητας εξαιτίας της διαφορετικής μεθόδου που χρησιμοποιούν για την αποστολή των δεδομένων. Κάτι τέτοιο δεν ισχύει καθώς στο πρότυπο 802.11 προβλέπονται και οι δύο μέθοδοι μεταφοράς (άσχετα από το αν τελικά χρησιμοποιείται η FHSS). Το 802.11b καθορίζει δύο τρόπους ασύρματης επικοινωνίας, ανάλογα με το αν πρόκειται για ομότιμο δίκτυο (Peer to Peer) ή δίκτυο με σημεία πρόσβασης (Access Point). Στα ομότιμα δίκτυα οι υπολογιστές «μιλάνε» μεταξύ τους με την επικοινωνία «Ad-Hoc» ενώ όταν υπάρχουν σημεία πρόσβασης γίνεται χρήση της επικοινωνίας «Infrastructure». Στην επικοινωνία «Infrastructure» το ασύρματο δίκτυο αποτελείται από ένα τουλάχιστον σημείο πρόσβασης το οποίο είναι συνδεδεμένο συνήθως σε ενσύρματο δίκτυο. Αντίθετα, στην Ad-Hoc οι υπολογιστές του ασύρματου δικτύου επικοινωνούν απευθείας ο ένας με τον άλλο, χωρίς τη χρήση σημείων πρόσβασης ή φυσικής σύνδεσης σε ενσύρματο δίκτυο. Η επιλογή μεταξύ «Ad-Hoc» και «Infrastructure» γίνεται πολύ εύκολα από το λογισμικό που συνοδεύει την ασύρματη κάρτα. Έτσι, ανάλογα με το δίκτυο με το οποίο θέλει να συνδεθεί ο χρήστης, επιλέγει από το λογισμικό τον αντίστοιχο τρόπο επικοινωνίας.

Μία πολύ σημαντική δυνατότητα του 802.11 είναι το «κλειδί» SSID (Service Set Identifier) για την πρόσβαση στο δίκτυο. Όλα τα σημεία πρόσβασης σε ένα ασύρματο δίκτυο έχουν το ίδιο SSID. Ο μηχανισμός αυτός αν χρησιμοποιηθεί σωστά παρέχει μία υποτυπώδη ασφάλεια στο δίκτυο, αφού για να συνδεθεί κανείς χρειάζεται να δηλώσει στο λογισμικό της ασύρματης κάρτας του τον κωδικό SSID. Είναι μάλιστα εφικτό ένας υπολογιστής να ρυθμιστεί με διαφορετικά SSID για την πρόσβαση σε διαφορετικά δίκτυα. Η επιλογή του σωστού SSID γίνεται αυτόματα ή χειροκίνητα από τον ίδιο το χρήστη. Πρέπει να σημειωθεί ότι στα περισσότερα ασύρματα δίκτυα, το SSID δεν αποτελεί δικλίδα ασφαλείας αλλά ένα απλό αναγνωριστικό για την είσοδο στο δίκτυο. Εξάλλου, τα σημεία πρόσβασης μπορεί να είναι ρυθμισμένα να εκπέμπουν το SSID τους, συνεπώς, οποιοσδήποτε πλησιάσει στην εμβέλεια τους θα αποκτήσει πρόσβαση στο δίκτυο.

▪ **Bluetooth**

Το πρότυπο Bluetooth είναι αποτέλεσμα της συνεργασίας διαφόρων μεγάλων κατασκευαστών από το χώρο των τηλεπικοινωνιών και της βιομηχανίας υπολογιστών

και είναι αυτήν τη στιγμή ο κύριος εκπρόσωπος στα προσωπικά δίκτυα μικρής εμβέλειας. Σήμερα το συναντάμε σχεδόν παντού, στα κινητά τηλέφωνα, στους υπολογιστές παλάμης, στους φορητούς ή επιτραπέζιους υπολογιστές και σε άλλες ηλεκτρονικές συσκευές. Όπως και τα προηγούμενα πρότυπα έτσι και αυτό χρησιμοποιεί την μπάντα των 2,4 GHz για την εκπομπή και τη λήψη ραδιοκυμάτων. Αυτό δημιουργεί προβλήματα παρεμβολών, αφού χρησιμοποιεί την ίδια συχνότητα λειτουργίας με το πρότυπο 802.11b. Σε γενικές γραμμές, οι δύο τεχνολογίες είναι δυνατόν να συνυπάρχουν στον ίδιο χώρο, αρκεί να μην είναι σε κοντινή απόσταση οι συσκευές των δύο δικτύων. Η χαμηλή διαμεταγωγή και η μικρή εμβέλεια σε συνδυασμό με το χαμηλό κόστος καθιστούν το Bluetooth ιδανικό για πάσης φύσεως συσκευές που δεν απαιτούν υψηλές ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων ούτε μεγάλη ακτίνα δράσης.

- **DECT**

Η γνωστή μας από τα ασύρματα τηλέφωνα τεχνολογία DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) είναι ουσιαστικά ένα πρότυπο ασύρματης επικοινωνίας μικρής εμβέλειας το οποίο θεσπίστηκε στα μέσα του 1980 ως ένα πανευρωπαϊκό σύστημα επικοινωνίας για τα ασύρματα τηλέφωνα. Βασίζεται στην τεχνολογία TDMA (Time Division Multiple Access) και λειτουργεί μεταξύ των 1.880 και 1.900 MHz χρησιμοποιώντας διαμόρφωση GFSK. Το πρότυπο είναι σχεδιασμένο να παρέχει πρόσβαση σε οποιονδήποτε τύπο τηλεπικοινωνιακού δικτύου και για το λόγο αυτό υποστηρίζει πολλές διαφορετικές εφαρμογές και υπηρεσίες. Η ποιότητα της φωνητικής επικοινωνίας σε ένα σύστημα DECT είναι πολύ υψηλή όταν δεν υπάρχουν παρεμβολές. Σήμερα, η τεχνολογία DECT προσφέρει μεταφορά δεδομένων με ταχύτητες που κυμαίνονται περίπου στα 500 Kbps (ανάλογα με την υλοποίηση).

- **802.11a**

Το πρότυπο 802.11a ή Wi-Fi5, όπως το βάπτισε ο WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance), είναι ο αντικαταστάτης του 802.11b. Το νέο πρότυπο της IEEE λειτουργεί στα 5 GHz της ζώνης ραδιοσυχνοτήτων του U-NII (Unlicensed National Information Infrastructure), υποστηρίζοντας πενταπλάσια ταχύτητα διαμεταγωγής από το προκάτοχο του. Το 802.11a χρησιμοποιεί την μέθοδο OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), η οποία συγκριτικά με την DSSS προσφέρει περισσότερα κανάλια επικοινωνίας και μεγαλύτερες ταχύτητες

διαμεταγωγής. Αυξημένο είναι βέβαια και το εύρος ζώνης του 802.11a που φτάνει τα 300 MHz. Η επιτροπή τηλεπικοινωνιών FCC (Federal Communications Commission) μοίρασε το συνολικό εύρος ζώνης σε τρεις περιοχές των 100 MHz, κάθε μια με διαφορετική ισχύ. Η υψηλότερη λειτουργεί από 5,725 έως 5,825 GHz με μέγιστη ισχύ 1 W. Η μεσαία λειτουργεί μεταξύ 5,25 έως 5,35 GHz με ισχύ 250 mW και η μικρότερη από 5,15 έως 5,25 GHz με ισχύ 50 mW. Οι συσκευές που εκπέμπουν στην υψηλότερη περιοχή, χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση δικτύων που βρίσκονται σε διαφορετικά κτίρια, ενώ οι συσκευές που εκπέμπουν στη μεσαία και χαμηλή περιοχή, είναι κατάλληλες για δίκτυα σε εσωτερικούς χώρους.

- **HyperLAN/2**

Το πρότυπο HyperLAN/2, είναι παρόμοιο με το 802.11a και αναπτύχθηκε από έναν ευρωπαϊκό φορέα (το Ινστιτούτο ETSI). Χρησιμοποιεί εύρος ζώνης 300 MHz της περιοχής U-NII των 5 GHz και την ίδια μέθοδο μεταφοράς δεδομένων με το πρότυπο 802.11a, αλλά, διαφορετικό πρωτόκολλο εντοπισμού και διόρθωσης λαθών.

Στις μέρες μας, όταν αναφέρεται κάποιος σε ασύρματο δίκτυο, ακούγεται συχνά η φράση «Wi-Fi». *Τι σημαίνει όμως «Wi-Fi»;* Η απάντηση δίδεται παρακάτω, κάνοντας και μια μικρή ιστορική ανασκόπηση. Την ίδια χρονιά που παρουσιάστηκε το 802.11b συστάθηκε και ο οργανισμός WECA, μέλη του οποίου είναι σήμερα όλοι οι μεγάλοι κατασκευαστές που δραστηριοποιούνται στο χώρο των ασύρματων δικτύων (και όχι μόνο). Σκοπός του WECA είναι να πιστοποιεί τη συμβατότητα των ασύρματων προϊόντων που ακολουθούν το πρότυπο 802.11b. Ο οργανισμός ελέγχει αν και κατά πόσο μια ασύρματη κάρτα ακολουθεί το πρότυπο 802.11b και βέβαια αν είναι συμβατή με άλλες διαφορετικών κατασκευαστών ή και κατηγοριών. Όποιο προϊόν «περάσει» τον έλεγχο αποκτά το πιστοποιητικό «Wi-Fi», ακρώνυμο των λέξεων Wireless Fidelity που σημαίνει «Ασύρματη Πιστότητα». Αυτό που ουσιαστικά προσπαθεί ο WECA να πετύχει είναι η θέσπιση ενός στάνταρτ για τα ασύρματα προϊόντα 802.11b. Παρόλα αυτά, δεν έχουν όλα τα προϊόντα ασύρματης δικτύωσης που κυκλοφορούν αυτήν την στιγμή στην αγορά τη σφραγίδα του WECA, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν ακολουθούν τις προδιαγραφές του προτύπου 802.11b ή δεν μπορούν να συνεργαστούν με άλλες κάρτες.

1.4. Επικοινωνία Εφαρμογής

Η επικοινωνία μεταξύ της κινητής μονάδας και του σταθμού βάσης επιτυγχάνεται μέσω ενός ασύρματου τοπικού δικτύου (WLAN) με Σημεία Πρόσβασης. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιείται ένα Σημείο Πρόσβασης συνδεδεμένο με το κεντρικό υπολογιστικό σύστημα της κινητής μονάδας και ένα άλλο συνδεδεμένο με το υπολογιστικό σύστημα του σταθμού βάσης. Στην Εικόνα 1.2, φαίνεται η συσκευή Access Point που χρησιμοποιείται στο WLAN.



Εικόνα 1.2: Η συσκευή Access Point

Το πρότυπο επικοινωνίας που χρησιμοποιείται στο δίκτυο είναι το γνωστό 802.11b και τα Access Points φέρουν το ακρόνυμο «Wi-Fi». Για την αύξηση της εμβέλειας του δικτύου (στα 5km με οπτική επαφή) χρησιμοποιούνται μεγαλύτερες κεραιές αντί των απλών κεραιών των Access Points. Στην Εικόνα 1.3, φαίνεται μια τέτοια κεραία που είναι προσαρμοσμένη στην κινητή πλατφόρμα.



Εικόνα 1.3: Κεραία Access Point κινητής μονάδας

Ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων φθάνει τα 100 Mbps, πράγμα που σημαίνει ότι το δίκτυο μπορεί να ανταπεξέλθει στις ανάγκες του συστήματος για μεταφορά εικόνας, μετρήσεων και άλλων σημαντικών δεδομένων γενικότερα.

1.5. Λογισμικό Επικοινωνίας

Το λογισμικό επικοινωνίας χρησιμοποιείται για τον απομακρυσμένο έλεγχο της κινητής πλατφόρμας και για τη μετάδοση εικόνας και μετρήσεων από αυτήν.

➤ **Απομακρυσμένη διαχείριση δεδομένων (NetOp Remote Control):** Με το πρόγραμμα NetOp Remote Control της Danware μπορεί κανείς να επικοινωνήσει με κάποιον άλλο υπολογιστή, να δει την οθόνη του και να πάρει τον έλεγχο των λειτουργιών του. Επίσης μπορεί να στείλει ή να λάβει αρχεία και να μιλήσει με τον απομακρυσμένο χρήστη με τη χρήση μικροφώνου και ηχείων. Με το NetOp Remote

Control δίνεται η δυνατότητα σε κάποιο χρήστη (Guest P.C.) να συνδεθεί με κάποιον άλλο χρήστη (Host P.C). Στη συνέχεια ο χρήστης Guest αποκτά πλήρη έλεγχο των λειτουργιών του Host P.C και μπορεί να εκτελεί διάφορες εργασίες σε αυτό. Οι λειτουργίες και οι δυνατότητές του είναι πολλές και καθιστούν το NetOp Remote Control ως το πιο γρήγορο και ολοκληρωμένο πρόγραμμα απομακρυσμένης διαχείρισης στην κατηγορία του.

➤ **Μεταφορά εικόνας από πολλές κάμερες σε έναν Η/Υ (Active WebCam 5.5):** Το πρόγραμμα Active WebCam 5.5 έχει τη δυνατότητα μεταφοράς εικόνας από πολλές κάμερες σε έναν Η/Υ. Επιτυγχάνει capture εικόνων μέχρι και 30 πλαισίων ανά δευτερόλεπτο και μπορεί να δεχθεί εικόνα από κάμερες βίντεο μέσω USB και παράλληλης θύρας, από κάρτες τηλεοράσεων και από κάμερες συνδεδεμένες σε δίκτυο. Ακόμα, μπορεί να ξεκινήσει εγγραφή στο σκληρό δίσκο εάν παρατηρηθεί κίνηση στη λαμβανόμενη εικόνα και να σταματήσει την εγγραφή εάν δεν υπάρχει αρκετός ελεύθερος χώρος σε αυτόν. Επίσης, μπορεί να στείλει e-mail ή και να τρέξει ένα συγκεκριμένο πρόγραμμα εάν ανιχνευθεί κίνηση σε συγκεκριμένες περιοχές της εικόνας που έχουν επιλεγεί. Έχει τη δυνατότητα προσθήκης user name και password για να έχει κανείς πρόσβαση σε κάθε μια κάμερα, ενώ το ίδιο μπορεί να γίνει και για να κάνει κάποιος αναπαραγωγή των μαγνητοσκοπημένων βίντεο. Οι δυνατότητες που προσφέρει το πρόγραμμα είναι ακόμη περισσότερες αλλά δεν κρίνεται σκόπιμη η περαιτέρω ανάλυσή τους. Το πρόγραμμα Active WebCam 5.5 της PY SOFTWARE θεωρείται από τα καλύτερα μεταξύ των προγραμμάτων του είδους του (Vision GS, Willing Webcam, TinCam).

➤ **Διεπαφή με το χρήστη:** Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε, υλοποιήθηκε σε γλώσσα Visual Basic 6.0 και βοηθάει στην επικοινωνία του χρήστη με τη συσκευή ελέγχου κατεύθυνσης της κινητής πλατφόρμας, μέσα από ένα γραφικό και φιλικό περιβάλλον. Το πρόγραμμα δημιουργήθηκε από τον κ. Μανώλη Βαρδάκη, εργαζόμενο στο εργαστήριο ΔΟΜΗΣ ΤΗΣ ΥΛΗΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΗΣ LASER του Πολυτεχνείου Κρήτης και υπεύθυνο υλοποίησης του έργου «Forecast Fires». Το πρόγραμμα αυτό προσαρμόστηκε στις ανάγκες της παρούσας εργασίας για τη σκόπευση και τον τηλεχειρισμό του εικονολήπτη και του αισθητήρα θερμοκρασίας. Αξίζει να σημειωθεί πως με το πρόγραμμα αυτό μπορεί να γίνει ο έλεγχος των

προαναφερθέντων συσκευών κι από ένα joystick συνδεδεμένο στον Η/Υ, εκτός από το κλασικό πληκτρολόγιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

2. Γενικά

Στο δεύτερο κεφάλαιο αυτής της εργασίας γίνεται αναφορά στον αισθητήρα μέτρησης θερμοκρασίας. Ο αισθητήρας αυτός είναι προσαρμοσμένος επάνω στο τραπέζι και δίπλα από τον εικονολήπτη (Εικόνα 2.1). Ρόλος του αισθητήρα, είναι η μέτρηση της θερμοκρασίας από μεγάλη απόσταση. Για το λόγο αυτό, ο αισθητήρας που επιλέχθηκε χρησιμοποιεί υπέρυθρη ακτινοβολία για τη μέτρηση της θερμοκρασίας. Έχει τη δυνατότητα να μετρήσει θερμοκρασία μέχρι και +250°C. Η έξοδος του δίδεται σε ρεύμα (mA) το οποίο είναι ανάλογο της θερμοκρασίας που μετράει. Η έξοδος του αισθητήρα οδηγείται σε ένα μετατροπέα A/D (Analog to Digital), ώστε να έχουμε μια έξοδο σε ψηφιακή μορφή. Η ανάγνωση της θερμοκρασίας από το χρήστη γίνεται μέσω κατάλληλου λογισμικού το οποίο την εμφανίζει σε γράφημα που ανανεώνεται σε πραγματικό χρόνο. Στη συνέχεια περιγράφεται η αρχή λειτουργίας των αισθητήρων θερμοκρασίας υπερύθρων, γίνεται ανάλυση του κυκλώματος σύνδεσης του αισθητήρα με τον A/D converter και με τη κεντρική υπολογιστική μονάδα και αναφέρονται τα χαρακτηριστικά του λογισμικού της εφαρμογής.



Εικόνα 2.1: Ο αισθητήρας μέτρησης θερμοκρασίας και ο εικονολήπτης πάνω στο τραπέζι σκόπευσης

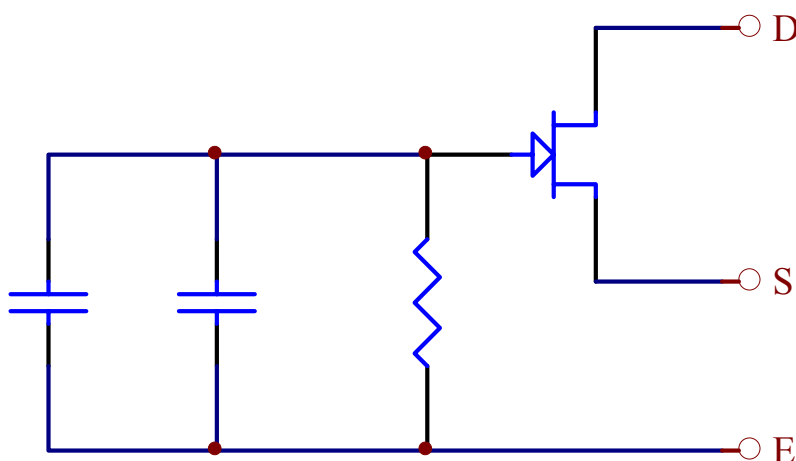
2.1. Αισθητήρας Θερμοκρασίας με Υπέρυθρες

Οι αισθητήρες θερμοκρασίας διαχωρίζονται ανάλογα με την αρχή λειτουργίας τους και τις εφαρμογές τους. Οι αισθητήρες θερμοκρασίας με υπέρυθρες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, στους ενεργούς και στους παθητικούς.

Οι ενεργοί εκπέμπουν την ακτινοβολία μιας πηγής υπερέθρων στο χώρο και αντιλαμβάνονται τις αλλαγές φάσης και πλάτους της. Τέτοιου είδους αισθητήρες χρησιμοποιούν και οι κάμερες υπερέθρων για την παραγωγή της εικόνας τους.

Οι παθητικοί (Passive Infrared, PIR) λειτουργούν ανιχνεύοντας τη θερμική ακτινοβολία των σωμάτων. Τέτοιου είδους αισθητήρες χρησιμοποιούνται στους

συναγερμούς για την ανίχνευση κίνησης έμβιων οργανισμών. Οι αισθητήρες αυτοί κατασκευάζονται από πυροηλεκτρικά υλικά. Τα υλικά αυτά είναι διηλεκτρικά υλικά των οποίων η επιφάνεια τους φορτίζεται όταν υπέρυθρες ακτίνες προσπέσουν πάνω τους. Κατασκευαστικά οι αισθητήρες αυτοί αποτελούνται από έναν πυκνωτή με μια μεταλλική πλάκα και μια πλάκα από πυροηλεκτρικό υλικό με αγωγίμη επιφάνεια. Εξαιτίας του διαχωρισμού των φορτίων στο πυροηλεκτρικό υλικό που προκαλείται από την υπέρυθρη ακτινοβολία, αναπτύσσεται τάση ανάμεσα στις πλάκες του αισθητήρα ανάλογη της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Ο χρόνος απόκρισης των αισθητήρων στις αλλαγές της υπέρυθρης ακτινοβολίας είναι μεγάλος με αποτέλεσμα να μη γίνονται αντιληπτές αλλαγές της με ρυθμούς μεγαλύτερους από 0.2Hz – 1Hz. Επιπλέον, ο σχηματιζόμενος πυκνωτής έχει υψηλή σύνθετη αντίσταση και για αυτό το λόγο στην πράξη τα κυκλώματα των πυροηλεκτρικών αισθητήρων συνδυάζονται με ένα MOSFET που λειτουργεί ως απομονωτής και περιλαμβάνεται μαζί με τον πυκνωτή στο ίδιο κέλυφος (Σχήμα 2.1).



Σχήμα 2.1: Ισοδύναμο κύκλωμα μιας μονάδας παθητικού αισθητήρα υπέρυθρων

Τα κύρια χαρακτηριστικά των πυροηλεκτρικών αισθητήρων είναι η ισοδύναμη ισχύς θορύβου τους, η ευαισθησία τους και η απόκριση συχνότητας της ευαισθησίας τους.

Η **ισοδύναμη ισχύς θορύβου** (Noise Equivalent Power, NEP) για συγκεκριμένη ενέργεια, ρυθμό μεταβολής και εύρος ζώνης σήματος είναι το κατώτερο όριο ισχύος για το οποίο ο αισθητήρας είναι χρήσιμος. Σήματα κάτω από αυτό το όριο θα καταπνίγονται από το θόρυβο. Η ισοδύναμη ισχύς θορύβου ενός τυπικού αισθητήρα είναι 10^{-9} Watt.

Η **ευαισθησία** εκφράζεται σε V/W ή A/W κι αντιστοιχεί στην τάση ή το ρεύμα εξόδου του αισθητήρα ανά μονάδα ισχύος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, για συγκεκριμένο μήκος κύματος ή θερμοκρασία χρώματος της πηγής. Τυπική τιμή της είναι 3200V/W.

Η **απόκριση συχνότητας** της ευαισθησίας τους εκφράζει τη μεταβολή της ευαισθησίας τους συναρτήσει της συχνότητας διαμόρφωσης της λαμβανόμενης ακτινοβολίας (κι όχι της συχνότητας της ίδιας της ακτινοβολίας). Έχει τη μορφή απόκρισης χαμηλοπερατού φίλτρου με ανώτερη συχνότητα αποκοπής περίπου 1Hz.

2.2. Κύκλωμα Μέτρησης Θερμοκρασίας από Απόσταση

Το κύκλωμα μέτρησης της θερμοκρασίας αποτελείται από τον αισθητήρα θερμοκρασίας με υπέρυθρες και ένα μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακό.

Ο αισθητήρας θερμοκρασίας που επιλέχθηκε είναι της εταιρίας «CALEX» και μπορεί να μετρήσει θερμοκρασία από απόσταση, χωρίς να βρίσκεται σε επαφή με το υπό μέτρηση αντικείμενο. Είναι ένας παθητικός αισθητήρας υπέρυθρων (PIR) ο οποίος με ένα κύκλωμα ενίσχυσης και σύγκρισης μπορεί να μετράει τη θερμοκρασία του σημείου όπου σκοπεύει. Η έξοδος του δίδεται σε ρεύμα (mA). Μετράει θερμοκρασίες από 0°C μέχρι +250°C και η έξοδος του μεταβάλλεται γραμμικά και ανάλογα με τη θερμοκρασία, από 4-20mA. Στον Πίνακα 2.1 φαίνονται τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του αισθητήρα θερμοκρασίας υπέρυθρων και στην Εικόνα 2.2 φαίνεται η όψη του.

Πίνακας 2.1: Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά του αισθητήρα θερμοκρασίας με υπέρυθρες

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
Έξοδος	4 – 20 mA
Ακρίβεια	±1% της εξόδου ή ±1°C (το μεγαλύτερο)
Ικανότητα Επανάληψης	±0,5% της εξόδου ή ±0,5°C (το μεγαλύτερο)
Χρόνος Απόκρισης	200 ms
Περιοχή Φάσματος	8 – 14 μm
Τροφοδοσία	24 V DC
Μέγιστη Αντίσταση Βρόγχου	750 Ω



Εικόνα 2.2: Αισθητήρας θερμοκρασίας με υπέρυθρες

Η έξοδος του αισθητήρα είναι ρεύμα που αλλάζει γραμμικά ανάλογα με τη μετρούμενη θερμοκρασία. Επειδή είναι απαραίτητο η παρουσίαση της μετρούμενης θερμοκρασίας να γίνεται στον Η/Υ του σταθμού βάσης, το σήμα εξόδου του μετατρέπεται σε ψηφιακή μορφή. Για τον παραπάνω σκοπό χρησιμοποιήθηκε μία κάρτα μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό και συγκεκριμένα η DI-700 της εταιρίας «DATAQ INSTRUMENTS». Η κάρτα αυτή συνοδεύεται από λογισμικό για

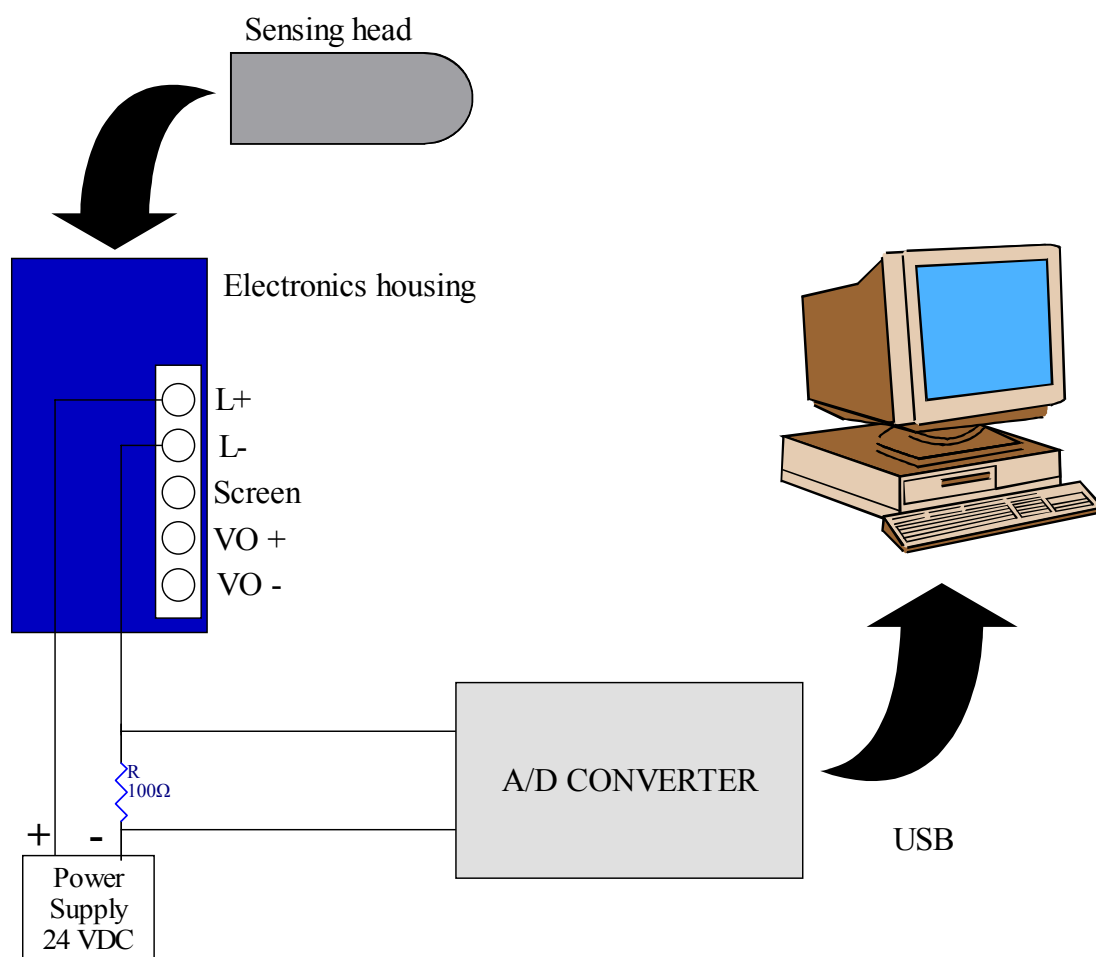
το οποίο γίνεται αναφορά στην επόμενη παράγραφο. Μερικά από τα πιο σημαντικά τεχνικά χαρακτηριστικά της DI-700 είναι:

- ✓ Σύνδεση μέσω USB με οποιονδήποτε Η/Υ
- ✓ 16 αναλογικά κανάλια εισόδου & 8 ψηφιακά κανάλια εισόδου
- ✓ 8 ψηφιακά κανάλια εξόδου
- ✓ Ξεχωριστές ρυθμίσεις για κάθε κανάλι
- ✓ Τροφοδοσία μέσω USB χωρίς την απαίτηση εξωτερικής τροφοδοσίας
- ✓ Μέγιστη δειγματοληψία 975 δείγματα/sec
- ✓ Μεγάλη ανάλυση μέτρησης (16 bit)
- ✓ Μικρή πιθανότητα σφάλματος (1 bit / 1 KHz sample rate)



Εικόνα 2.3: Κάρτα μετατροπέα αναλογικού σήματος σε ψηφιακό

Οι συνδέσεις του κυκλώματος για τη μέτρηση της θερμοκρασίας και η ένδειξη αυτής στον Η/Υ φαίνονται στο Σχήμα 2.1. Επειδή ο μετατροπέας έχει εισόδους τάσης και όχι ρεύματος, προστέθηκε στο κύκλωμα μια αντίσταση ($100\ \Omega$) στην οποία αναπτύσσεται μια ανάλογη τάση, που οδηγείται τελικά σε μια από τις αναλογικές εισόδους του μετατροπέα.



Σχήμα 2.2: Συνδεσμολογία κυκλώματος για τη μέτρηση θερμοκρασίας

2.3. Λογισμικό Εφαρμογής

Το λογισμικό της εφαρμογής χρησιμοποιείται για την εγγραφή, τη μέτρηση και την γραφική αναπαράσταση των αναλογικών σημάτων στον Η/Υ αλλά και την επεξεργασία των αποθηκευμένων μετρήσεων.

➤ **Συλλογή πληροφοριών (WINDAQ Acquisition):** Με το πρόγραμμα WINDAQ Acquisition της DATAQ INSTRUMENTS μπορεί κανείς να παρακολουθήσει και να καταγράψει στο σκληρό δίσκο την έξοδο τεσσάρων καναλιών του A/D μετατροπέα. Σε κάθε κανάλι μπορεί να γίνει ξεχωριστή ρύθμιση του κέρδους (x1, x10, x100 ή x1000) και του τρόπου εμφάνισης της κυματομορφής (Average, Last Point, Maximum, Minimum, RMS και Frequency). Επιπλέον το πρόγραμμα επιτρέπει τη βαθμονόμηση του κάθε καναλιού, αντιστοιχώντας τη μεγαλύτερη και τη μικρότερη μετρούμενη τιμή σε διαφορετικά όρια τιμών και μονάδα μέτρησης. Μια ακόμα σημαντική ρύθμιση που μπορεί να γίνει μέσω του προγράμματος είναι η επιλογή του ρυθμού δειγματοληψίας που μπορεί να φθάσει τα 976 δείγματα/sec.

➤ **Επεξεργασία κυματομορφών (WINDAQ Waveform Browser):** Το πρόγραμμα αυτό παρέχει τη δυνατότητα της εμφάνισης των αποθηκευμένων κυματομορφών και της ανάλυσης των μετρήσεων. Ακόμα, παρέχει τη δυνατότητα εξαγωγής των αποτελεσμάτων σε άλλο πρόγραμμα (π.χ. Microsoft Excel) αλλά και της εμφάνισης στατιστικών. Επιπλέον, εμφανίζει τον πραγματικό χρόνο λήψης κάθε μέτρησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΣΚΟΠΕΥΣΗ

3. Γενικά

Το βασικό μέλημα της παρούσας πτυχιακής εργασίας ήταν ο έλεγχος της σκόπευσης ενός εικονολήπτη αλλά και οποιωνδήποτε άλλων αισθητηρίων θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν. Για τον έλεγχο της σκόπευσης κατασκευάστηκαν στο εργαστήριο ΔΟΜΗΣ ΤΗΣ ΥΛΗΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΗΣ LASER του Πολυτεχνείου Κρήτης δύο μηχανικές κατασκευές. Η πρώτη κατασκευή είναι ένα είδος τραπεζίου στο οποίο προσαρμόστηκαν δύο βηματικοί κινητήρες με τα κατάλληλα γρανάζια και ιμάντες έτσι ώστε να το μετακινούν πάνω-κάτω και δεξιά-αριστερά. Η δεύτερη κατασκευή έχει τη μορφή πτυσσόμενης κεραίας στην κορυφή της οποίας τοποθετείται το τραπέζι στήριξης του εικονολήπτη και του αισθητήρα θερμοκρασίας. Στη βάση της κατασκευής έχει προσαρμοστεί ένας κινητήρας συνεχούς ρεύματος για την ανύψωσή της. Στις παραγράφους που ακολουθούν γίνεται αναφορά στους βηματικούς κινητήρες και στους κινητήρες συνεχούς ρεύματος και αναλύονται τα ηλεκτρονικά κυκλώματα που κατασκευάστηκαν για τον έλεγχο και την οδήγηση των κινητήρων. Ακόμα, αναλύεται ο κώδικας που γράφτηκε για τη συγκεκριμένη εφαρμογή.

3.1. Βηματικοί Κινητήρες

Δεν είναι λίγες οι φορές που ένας ηλεκτρονικός καλείται να συνδυάσει ένα τυπικό κύκλωμα ελέγχου με έναν κινητήρα προκειμένου να επιτύχει την κίνηση ενός φορτίου ή γενικότερα την περιστροφή ενός άξονα. Ο απλούστερος τρόπος να το πετύχει είναι με τη χρήση ενός συνηθισμένου κινητήρα Συνεχούς (DC) ή Εναλλασσομένου Ρεύματος (AC) που έχουν χαμηλό κόστος και συνάμα οδηγούνται από σχετικά απλά κυκλώματα. Μια περισσότερο όμως προσεκτική μελέτη αποδεικνύει πως αυτή η λύση δεν είναι τόσο καλή όσο φαίνεται με την πρώτη ματιά. Και αυτό γιατί με ένα τέτοιο εξάρτημα είναι πολύ δύσκολο να προσδιοριστεί η ακριβής θέση και η ταχύτητα περιστροφής του περιστρεφόμενου άξονα και κατ' επέκταση το κατά πόσο έχει μετακινηθεί το φορτίο που είναι προσαρμοσμένο σε

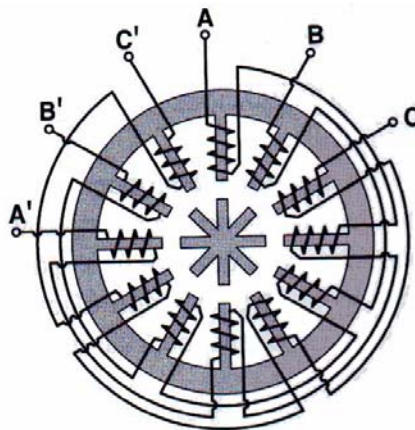
αυτόν. Αν κάποιος θελήσει να μάθει την ακριβή θέση του τελευταίου θα πρέπει να εξασφαλίσει την παρουσία κατάλληλων κυκλωμάτων με ανάδραση θέσης (κυκλώματα κλειστού βρόγχου) χωρίς να αποκλείσει τη χρήση φρένων και συμπλεκτών. Η καλύτερη λύση προβλέπει τη χρήση βηματικών κινητήρων, ενός είδους ηλεκτρομηχανικών εξαρτημάτων, ικανών να μετατρέπουν το πλήθος και τη συχνότητα των παλμών που τους διεγείρουν σε γωνία και ταχύτητα περιστροφής του άξονα τους αντίστοιχα.

Οι βηματικοί κινητήρες χρησιμοποιούνται σε υπολογιστές και περιφερειακά τους (σαρωτές, μηχανισμούς σκληρών ή μαλακών δίσκων, εκτυπωτές κλπ), φωτογραφικές μηχανές, τηλεσκόπια και σε συστήματα προσανατολισμού δορυφορικών κεραιών, ιατρικά μηχανήματα, ρομποτικούς βραχίονες, συστήματα ανάγνωσης γραμμωτού κώδικα και ηλεκτρομηχανικά συστήματα ή εργαλεία ακριβείας.

Με την πρώτη ματιά οι βηματικοί κινητήρες ξεχωρίζουν από τους συνηθισμένους στο μέγεθος, στο βάρος αλλά και στο πλήθος των καλωδίων που καταλήγουν σε αυτούς. Στην πραγματικότητα οι ουσιαστικές διαφορές τους βρίσκονται στο εσωτερικό τους. Για την κατανόηση της λειτουργίας τους και την αξιολόγησή τους, ακολουθεί μια σύντομη αναφορά στους τύπους των συγκεκριμένων κινητήρων.

- **Κινητήρας Μεταβλητής Αντίδρασης**

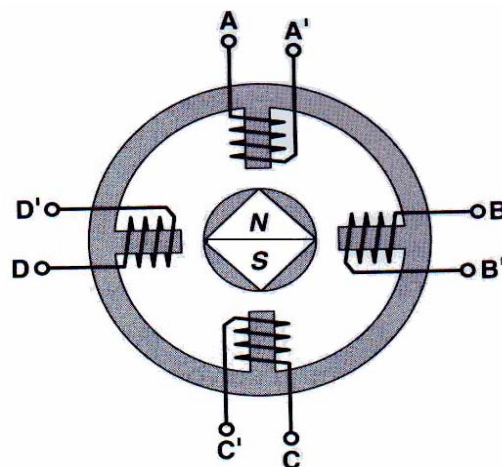
Αυτός ο τύπος κινητήρα στερείται μονίμων μαγνητών. Για το λόγο αυτό η περιστροφή του άξονά του πραγματοποιείται χωρίς την επίδραση κάποιας εξαναγκασμένης ή ‘ανασταλτικής’ ροπής. Χρησιμοποιείται σε εφαρμογές όπου η ανάγκη μεγάλων ροπών είναι μικρή (π.χ. για τη μετακίνηση δρομέων ηλεκτρονικών εξαρτημάτων).



Σχήμα 3.1: Βηματικός κινητήρας μεταβλητής αντίδρασης

- **Κινητήρας Μόνιμου Μαγνήτη**

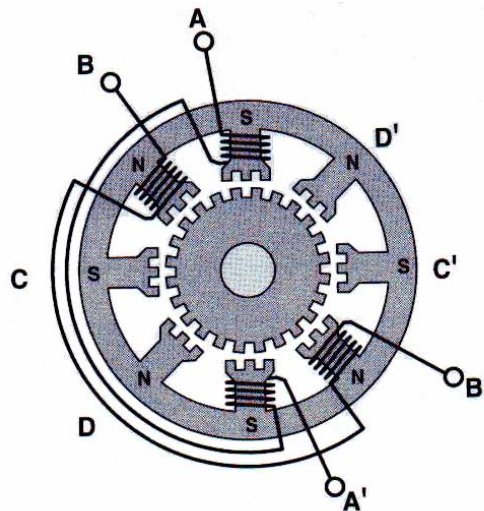
Αντίθετα με τον προηγούμενο τύπο, ο συγκεκριμένος βασίζεται σε μόνιμους μαγνήτες τοποθετημένους στο κινούμενο στέλεχός του, το δρομέα. Χαρακτηρίζεται από τη χαμηλή ταχύτητα περιστροφής, την εξ' ίσου χαμηλή ροπή του και τους μεγάλους βηματισμούς (κάθε βήμα αντιστοιχεί σε 45° ή 90°). Το χαμηλό όμως κόστος του αντισταθμίζει τις οποιεσδήποτε αδυναμίες κάνοντας τον ιδανικό σε εφαρμογές χαμηλής ισχύος όπως π.χ. στους εκτυπωτές ψεκασμού.



Σχήμα 3.2: Βηματικός κινητήρας με μόνιμο μαγνήτη

▪ Υβριδικός Κινητήρας

Ο υβριδικός κινητήρας συνδυάζει τα θετικά χαρακτηριστικά των δύο προηγούμενων τύπων με λιγότερα μειονεκτήματα. Αναγνωρίζεται εύκολα από το σταθερό τμήμα του (το στάτη) με τις πολλαπλές οδοντώσεις και το μόνιμο μαγνήτη που έχει στο δρομέα. Σε κάθε βήμα του στρέφεται κατά 0.9° , 1.8° ή 3.6° και χαρακτηρίζεται από υψηλή στατική και δυναμική ροπή. Τα δύο τελευταία γνωρίσματα του επιτρέπουν να στρέφεται αξιόπιστα σε μεγάλες ταχύτητες, γεγονός που τον κάνει ιδανικό στις βιομηχανικές εφαρμογές. Οι πιο συνηθισμένοι υβριδικοί κινητήρες έχουν βήμα που αντιστοιχεί σε γωνία 1.8° .



Σχήμα 3.3: Υβριδικός βηματικός κινητήρας

Πέρα από την κατηγοριοποίηση των βηματικών κινητήρων σύμφωνα με τον τύπο τους και την αρχή λειτουργίας τους, οι βηματικοί κινητήρες ομαδοποιούνται και με κριτήριο τις διαστάσεις τους (τη διάμετρο του σώματός τους). Αν π.χ. ένας κινητήρας έχει μέγεθος 23, το 'σώμα' του έχει διάμετρο 2.3 ίντσες. Τα συνηθισμένα μεγέθη είναι τα 11, 17, 23, 34 και 43.

Τα επίπεδα ισχύος που δουλεύουν οι βηματικοί κινητήρες κυμαίνονται από μερικές εκατοντάδες mWatt (μικροί κινητήρες) έως αρκετά Watt (μεγαλύτεροι κινητήρες). Η μέγιστη ισχύς απωλειών που μπορούν να αντέξουν καθορίζεται από τα θερμικά χαρακτηριστικά των τυλιγμάτων τους. Αυτά όμως σημειώνονται σπάνια στα συνοδευτικά τεχνικά εγχειρίδια, αναγκάζοντας τους σχεδιαστές να θεωρούν σαν όριο λειτουργίας τους εκείνο που μετράται όταν η θερμοκρασία που αναπτύσσει το σώμα

του κινητήρα ξεπεράσει κατά 65°C τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Είναι προφανές πως αν ο κινητήρας ψύχεται, οι απώλειές του μειώνονται σημαντικά.

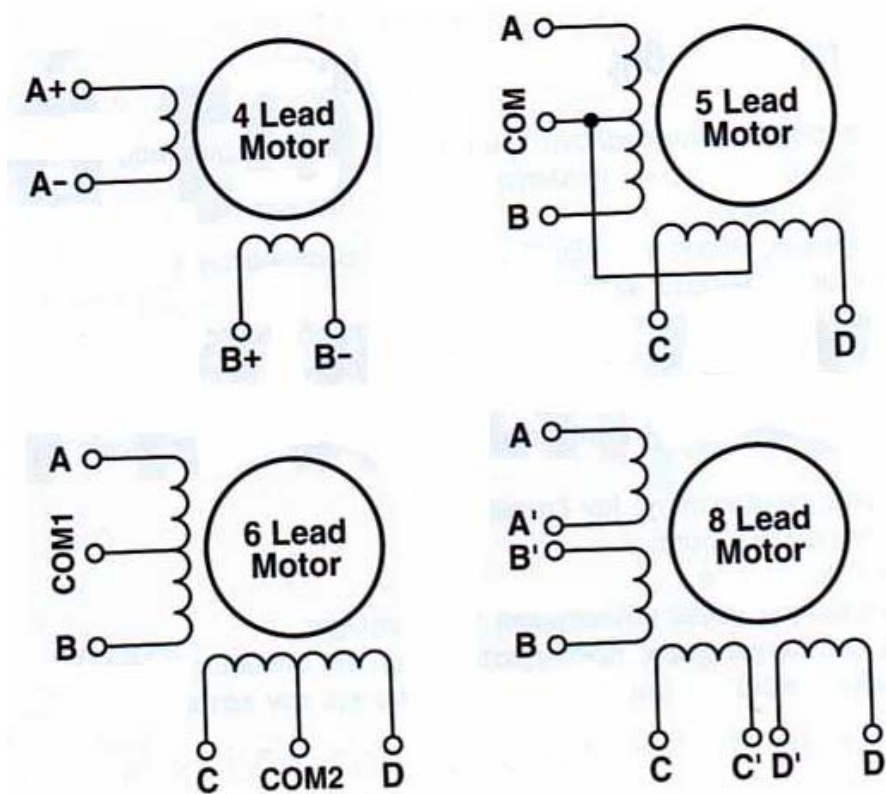
Όταν ένα φασικό τύλιγμα του στάτη ενός κινητήρα διαρρέεται από ρεύμα, αναπτύσσει γύρω του μαγνητική ροή που επιδρά στο δρομέα. Ο τελευταίος, προκειμένου να εξισορροπήσει τις δυνάμεις που ασκούνται σε αυτόν στρέφεται κατά μια συγκεκριμένη γωνία και ηρεμεί. Αν οι φάσεις του κινητήρα ενεργοποιούνται η μια μετά την άλλη, τότε ο δρομέας θα αλλάζει συνεχώς γωνία και θα περιστρέφεται.

Το μέγεθος της ροπής που αναπτύσσεται από ένα βηματικό κινητήρα εξαρτάται από πολλούς παράγοντες ανάμεσα στους οποίους ξεχωρίζουν η ταχύτητα βηματισμού, η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τα τυλίγματα όπως επίσης και το είδος της βαθμίδας οδήγησής τους. Αιτία δημιουργίας της ροπής αποτελεί η αλληλεπίδραση των μαγνητικών ροών του στάτη και του δρομέα. Πιο συγκεκριμένα, η ροπή αναπτύσσεται τη στιγμή που οι δύο ροές μετατοπίζονται η μία σε σχέση με την άλλη. Ο στάτης είναι κατασκευασμένος από υλικό υψηλής μαγνητικής διαπερατότητας που έχει σαν συνέπεια τον περιορισμό της μαγνητικής ροής στο σώμα του. Αυτό έχει σαν συνέπεια την συγκέντρωση της ροής στους πόλους που περιστοιχίζουν το δρομέα. Η ροπή που αναπτύσσεται είναι ανάλογη της μαγνητικής ροής που με τη σειρά της είναι ανάλογη με την ένταση του ρεύματος που διαρρέει το εκάστοτε διεγερμένο τύλιγμα.

Σαν φάσεις ορίζουμε το σύνολο των διαφορετικών 'διαδρομών' που μπορεί να ακολουθήσει η μαγνητική ροή στα τυλίγματα του στάτη. Γενικά, οι βηματικοί κινητήρες εργάζονται με δύο φάσεις, αν και κάποιοι εργάζονται με τρεις ή με πέντε. Ένας διπολικός κινητήρας βασίζει τη λειτουργία του σε ένα τύλιγμα για κάθε φάση. Αντίθετα ένας μονοπολικός διαθέτει ένα τύλιγμα με μεσαία λήψη ή και δύο τυλίγματα για κάθε μια φάση.

Σήμερα οι βηματικοί κινητήρες διατίθενται στην αγορά σε πολλές παραλλαγές που μεταξύ άλλων ξεχωρίζουν από το πλήθος των καλωδίων που βγαίνουν από αυτούς. Πιο αναλυτικά ισχύουν τα παρακάτω:

Καλώδια Κινητήρα	Μορφή Συνδεσμολογίας
4 καλώδια	Διπολική
5 καλώδια	Μονοπολική
6 καλώδια	Μονοπολική, Διπολική (σύνδεση σειράς)
8 καλώδια	Μονοπολική, Διπολική (σύνδεση σειράς) Διπολική (παράλληλη σύνδεση)



Σχήμα 3.4: Βασικές συνδεσμολογίες κινητήρων με 4, 5, 6 και 8 καλώδια

Οι πόλοι αποτελούν εκείνα τα σημεία του κινητήρα όπου συγκεντρώνεται η μαγνητική ροή. Συνήθως ο αριθμός των πόλων του στάτη συμπίπτει με τον αριθμό των πόλων του δρομέα. Υπάρχουν όμως και εξαιρέσεις όπου οι δύο αριθμοί διαφέρουν.

Η γωνία κατά την οποία στρέφεται ο άξονας του κινητήρα σε λειτουργία πλήρους βήματος ορίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$\text{Γωνία} = 360 / (n_{ph} \times p_h) = 360 / n$$

όπου

n_{ph} = ο αριθμός των ισοδύναμων ζευγών πόλων

p_h = ο αριθμός των πόλων του δρομέα

n = ο συνολικός αριθμός πόλων (σε όλες τις φάσεις)

Η παραπάνω σχέση έχει νόημα μόνο όταν ο αριθμός των πόλων του στάτη και του δρομέα είναι ίδιος.

Οι βηματικοί κινητήρες μπορούν να οδηγηθούν με πολλούς διαφορετικούς τρόπους, οι σημαντικότεροι των οποίων αναφέρονται παρακάτω.

➤ Οδήγηση Κύματος

Κύριο χαρακτηριστικό αυτού του τρόπου είναι η οδήγηση μιας μόνο φάσης κάθε χρονική στιγμή. Αυτό σημαίνει πως για ένα μονοπολικό κινητήρα αξιοποιείται μόνο το 25% των τυλιγμάτων του, ενώ για ένα διπολικό μόνο το 50%.

Order	Phase A	Phase B	Phase A	Phase B
1				
2				
3				
4				

➤ **Οδήγηση Πλήρους Βήματος**

Σε αυτόν τον τρόπο ενεργοποιούνται κάθε χρονική στιγμή δύο διαφορετικές φάσεις. Έτσι, σε ένα μονοπολικό κινητήρα αξιοποιείται το 50% των τυλιγμάτων του ενώ σε ένα διπολικό το 100%.

Order	Phase A	Phase B	Phase A	Phase B
1	■	■		
2		■	■	
3			■	■
4	■			■

➤ **Οδήγηση Μισού Βήματος**

Όπως φαίνεται και από το χαρακτηριστικό γράφημα, ο τρόπος αυτός ‘συμπλέκει’ τα δύο προηγούμενα υποχρεώνοντας τον κινητήρα να στρέφεται κατά γωνία ίση με το μισό της ονομαστικής. Η αξιοποίηση των τυλιγμάτων για τα δύο είδη κινητήρων είναι ίση με 37.5% ή 75% (μέσες τιμές).

Order	Phase A	Phase B	Phase A	Phase B
1	■	■		
2		■		
3		■	■	
4			■	
5			■	■
6				■
7	■			■
8	■			

➤ **Μικροβηματισμός**

Το ρεύμα των τυλιγμάτων μεταβάλλεται συνεχώς αναγκάζοντας τον άξονα του κινητήρα να στρέφεται κατά συγκεκριμένα κλάσματα της γωνίας που αντιστοιχεί στο πλήρες βήμα.

Στη συνέχεια αναφέρονται κάποια σημαντικά τεχνικά στοιχεία των βηματικών κινητήρων και η αντίστοιχη ορολογία για την καλύτερη κατανόησή τους.

- **Ροπή συγκράτησης**

Η μέγιστη σταθερή ροπή που μπορεί να εφαρμοσθεί στον άξονα ενός διεγερόμενου βηματικού κινητήρα χωρίς να προκαλείται η συνεχής περιστροφή του.

- **Ανασταλτική ροπή**

Η μέγιστη σταθερή ροπή που μπορεί να εφαρμοσθεί στον άξονα ενός μη διεγερόμενου βηματικού κινητήρα χωρίς να προκαλείται η συνεχής περιστροφή του.

- **Καμπύλη ταχύτητα / ροπής**

Η χαρακτηριστική καμπύλη ταχύτητας / ροπής ενός βηματικού κινητήρα εξαρτάται άμεσα από το κύκλωμα οδήγησης, τον τρόπο διέγερσης και την αδράνεια του φορτίου.

- **Μέγιστη συχνότητα εκκίνησης**

Η μέγιστη συχνότητα των παλμών που επιτρέπουν σε ένα αφόρτιστο κινητήρα να εκκινεί την περιστροφή και να συνεχίζει να στρέφεται χωρίς να 'χάνει' βήματα ή να σταματά χωρίς να κάνει περισσότερα βήματα από το πλήθος των παλμών οδήγησης.

- **Ροπή ανατροπής (pullout)**

Η μέγιστη ροπή που μπορεί να εφαρμοστεί στον άξονα ενός βηματικού κινητήρα που στρέφεται με σταθερή ταχύτητα χωρίς να προκαλείται απώλεια βημάτων.

- **Ροπή εκκίνησης (pull in)**

Η μέγιστη ροπή για την οποία ένας βηματικός κινητήρας μπορεί να ξεκινήσει, να σταματήσει ή να αλλάξει φορά περιστροφής χωρίς να χάσει κάποιο βήμα.

- **Ακρίβεια**

Η διαφορά μεταξύ της πραγματικής θέσης του άξονα σε σχέση με τη θεωρητική. Εκφράζεται σε ποσοστιαία αναλογία (τυπική τιμή +/-5%) και δεν είναι αθροιστική.

- **Σφάλμα υστέρησης**

Πρόκειται για το μέγιστο αθροιστικό σφάλμα της θεωρητικής από την πραγματική θέση όταν ο άξονας στρέφεται προς τη μια και την άλλη κατεύθυνση.

- **Συντονισμός**

Οι βηματικοί κινητήρες έχουν κατασκευαστεί ώστε να στρέφουν τον άξονά τους κατά μια ορισμένη γωνία κάθε φορά που διεγείρονται από έναν παλμό. Μέσα σε αυτό το διάστημα πρέπει να εκκινήσουν την περιστροφή του άξονα, να τον οδηγήσουν στην νέα του θέση, να τον επιβραδύνουν και τέλος να τον σταματήσουν. Το σύνολο αυτών των ενεργειών προκαλεί ταλαντώσεις, υπερβάσεις της τελικής θέσης και δονήσεις. Ακόμα, το πιο πιθανό είναι πως για μερικές συχνότητες παλμών οδήγησης ο κινητήρας παραμένει αδρανής. Οι συχνότητες αυτές ονομάζονται συχνότητες συντονισμού. Οι σχεδιαστές φροντίζουν να σχεδιάζουν τα προϊόντα τους με τέτοιον τρόπο ώστε να ελαχιστοποιείται η πιθανότητα ύπαρξης τέτοιων συχνοτήτων μέσα στα προβλεπόμενα όρια λειτουργίας του κινητήρα. Ένας τρόπος για να το πετύχουν είναι η προσθήκη μηχανικών συστημάτων απόσβεσης ή η οδήγησή τους με κατάλληλα ηλεκτρονικά κυκλώματα.

Ένα τυπικό κύκλωμα οδήγησης βηματικών κινητήρων καλείται να εκτελεί αδιάκοπα δύο διαφορετικές εργασίες:

1. Να τροποποιεί τη μαγνητική ροή μέσα από μια φάση ελέγχοντας τη φορά κίνησης του ρεύματος ή τη διαδρομή που ακολουθεί.
2. Να ελέγχει και να περιορίζει την ένταση του ρεύματος μέσα από τα τυλίγματα έτσι ώστε οι χρόνοι ανύψωσης και πτώσης να είναι όσο το δυνατόν μικρότεροι. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η καλύτερη δυνατή απόδοση του κινητήρα.

Για να μπορεί ένας κινητήρας να στρέφεται συνεχώς (κάνοντας μικρά βήματα) είναι απαραίτητος ο έλεγχος της μαγνητικής ροής σε κάθε μια φάση ξεχωριστά. Ο

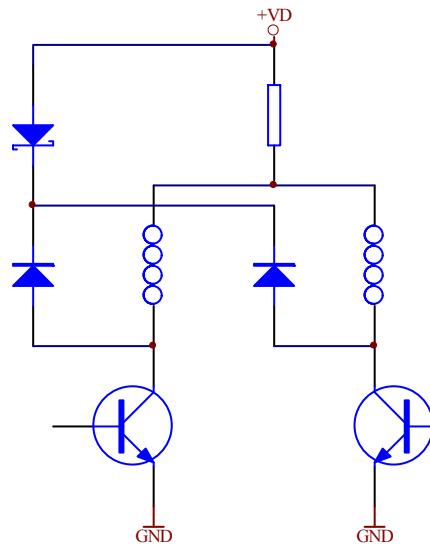
έλεγχος αυτός επιτυγχάνεται επεμβαίνοντας στη φορά του ρεύματος που διεγείρει το τύλιγμα της κάθε φάσης. Υπάρχουν δύο τρόποι επέμβασης, ανάλογα με το αν ο κινητήρας είναι διπολικός ή μονοπολικός.

Σε ένα διπολικό κινητήρα η φορά κίνησης του ρεύματος αλλάζει κάθε φορά που αλλάζει και η πολικότητα της επιβαλλόμενης τάσης στο τύλιγμα της φάσης. Για να γίνει δυνατή μια τέτοια αλλαγή απαιτούνται τέσσερις (ηλεκτρονικοί) διακόπτες για κάθε φάση.

Οι μονοπολικοί κινητήρες διαθέτουν ένα τύλιγμα με μεσαία λήψη. Τροφοδοτώντας με ρεύμα τη μεσαία λήψη και κατευθύνοντας το ρεύμα προς τη μια ή την άλλη πλευρά του τυλίγματος, καταφέρνουμε να αντιστρέψουμε τη φορά της μαγνητικής ροής. Σε μια τέτοια συνδεσμολογία απαιτούνται δύο μόνο (ηλεκτρονικοί) διακόπτες.

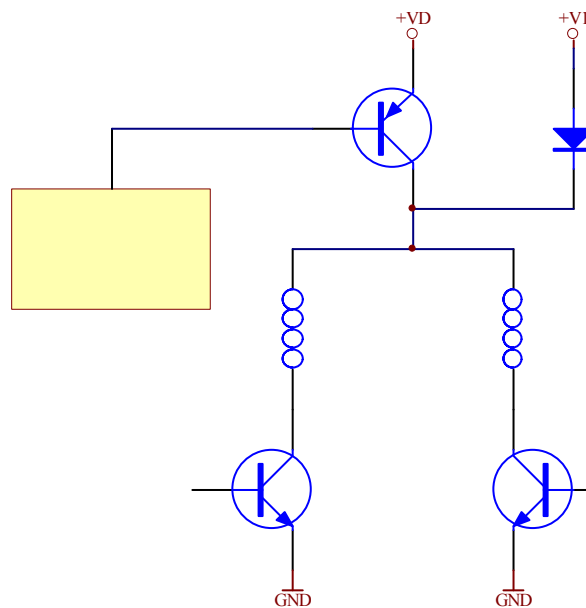
Ο έλεγχος του ρεύματος τροφοδοσίας του βηματικού κινητήρα αποτελεί αντικείμενο πρωταρχικής σημασίας, αν ληφθεί υπόψη ότι μέσω αυτού επιτυγχάνεται αισθητά η μείωση των απωλειών ισχύος στα τυλίγματα όπως επίσης και ο προσδιορισμός με ακρίβεια της αναπτυσσόμενης ροπής. Για να επιτευχθούν τα παραπάνω χρησιμοποιούνται δύο διαφορετικές κατηγορίες κυκλωμάτων: αυτά που περιορίζουν το ρεύμα στις επιθυμητές τιμές και εκείνα που βασίζονται στον κερματισμό. Και τα δύο εργάζονται εξ' ίσου καλά τόσο σε διπολικούς όσο και σε μονοπολικούς κινητήρες.

Τα κυκλώματα που βασίζονται στον περιορισμό ρεύματος μέσω αντίστασης έχουν συνήθως μια αντίσταση τοποθετημένη σε σειρά με τα τυλίγματα του κινητήρα (Σχήμα 3.1). Η αντίσταση αυτή εκτός του ότι προκαλεί πτώση τάσης, δρα ως αντίσταση περιορισμού, υποβιβάζοντας το ρεύμα στην επιθυμητή τιμή. Το μειονέκτημα αυτής της μεθόδου εντοπίζεται στην άσκοπη κατανάλωση ισχύος στην αντίσταση.



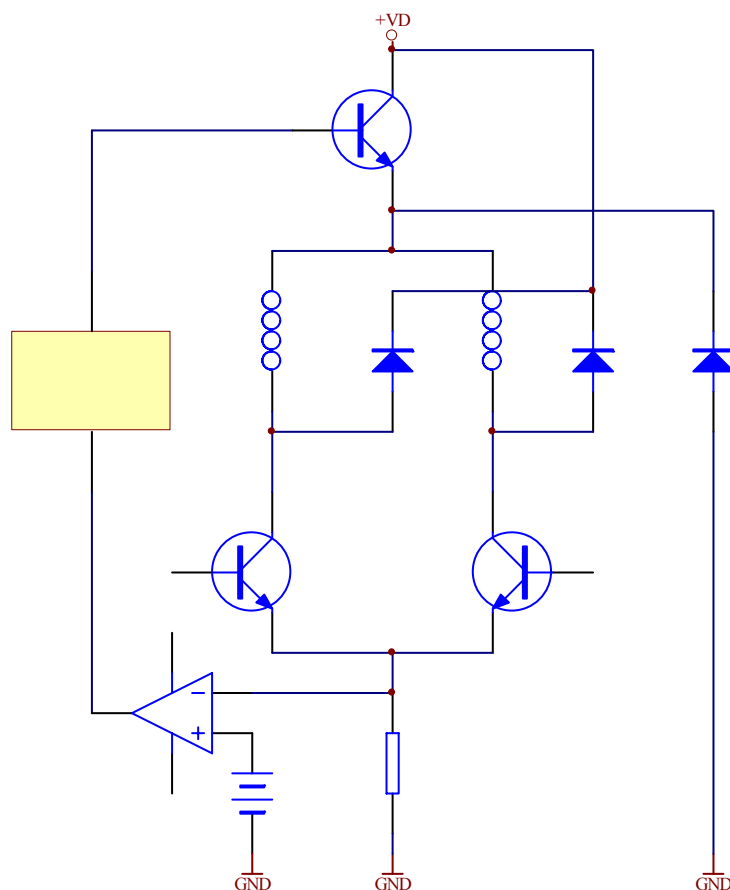
Σχήμα 3.5: Κύκλωμα περιορισμού ρεύματος μέσω αντίστασης

Τα κυκλώματα που βασίζονται στον περιορισμό ρεύματος μέσω δύο πηγών, τροφοδοτούν τα τυλίγματα του κινητήρα μέσω δύο διαφορετικών πηγών τάσης και έτσι είναι δυνατόν να εξασφαλιστούν υψηλά ρεύματα εκκίνησης τα οποία κατόπιν περιορίζονται στις ονομαστικές τιμές τους (Σχήμα 3.2). Το τρανζίστορ PNP γίνεται αγωγίμο για ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα κατά την έναρξη της διέγερσης, ενώ κατόπιν οδηγείται στην αποκοπή. Η τροφοδοσία για το υπόλοιπο του κύκλου πραγματοποιείται από τη δεύτερη πηγή μέσω της διόδου. Το μειονέκτημα αυτής της μεθόδου δεν είναι άλλο από το κόστος της δεύτερης πηγής τροφοδοσίας.



Σχήμα 3.6: Κύκλωμα περιορισμού ρεύματος μέσω δύο πηγών

Τα κυκλώματα κερματισμού αποτελούν σήμερα την καλύτερη λύση για τους βηματικούς κινητήρες, αφού με τη βοήθειά τους εξασφαλίζονται τόσο τα ισχυρά ρεύματα εκκίνησης όσο και η σταθερή τάση τροφοδοσίας τους. Η αρχή λειτουργίας των κυκλωμάτων αυτών είναι μάλλον απλή. Κατ' αρχήν απαιτείται μια πηγή τροφοδοσίας με τάση εξόδου πολλαπλάσια από την ονομαστική τάση λειτουργίας του κινητήρα. Το τρανζίστορ που μεσολαβεί μεταξύ της εξόδου του τροφοδοτικού και του τύλιγματος ανοιγοκλείνει με μεταβλητό λόγο διάρκειας προς περίοδο (Duty Cycle) έτσι ώστε το τύλιγμα να 'αισθάνεται' πάντα την ονομαστική τάση λειτουργίας του (Σχήμα 3.3). Για τη μέτρηση του ρεύματος χρησιμοποιείται ένας αισθητήρας τύπου αντίστασης που τοποθετείται σε σειρά με το τύλιγμα. Ανάλογα με το ρεύμα που τον διαρρέει αναπτύσσεται τάση στα άκρα του. Η τάση αυτή αποτελεί την τάση ανάδρασης για το κύκλωμα ελέγχου της τροφοδοσίας. Μειονέκτημα αυτής της μεθόδου θεωρείται η απώλεια ισχύος στην αντίσταση του αισθητήρα.



Σχήμα 3.7: Κύκλωμα κερματισμού

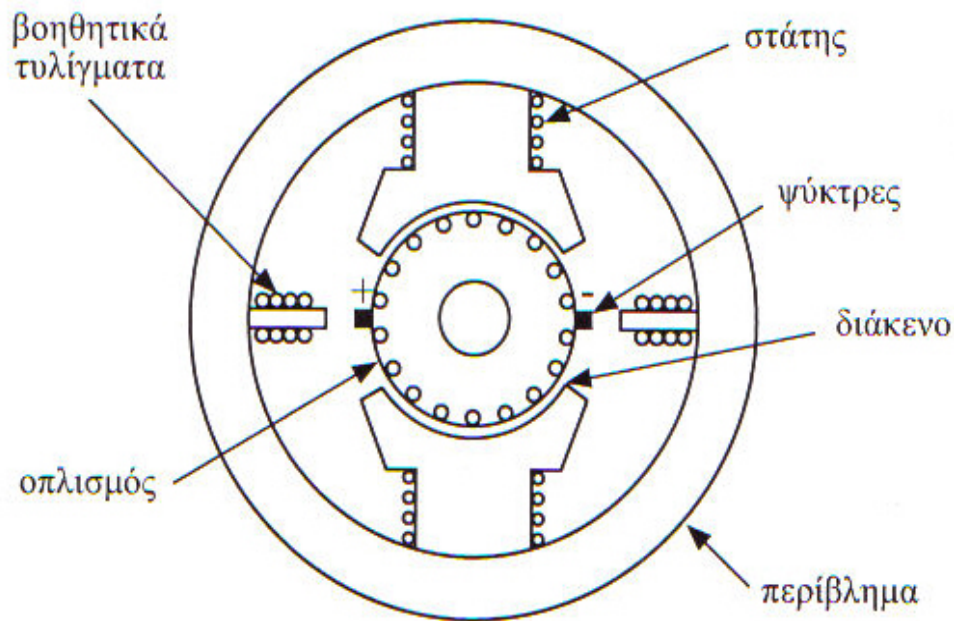
3.2. Κινητήρες Συνεχούς Ρεύματος

Οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος υπήρξαν ανέκαθεν οι μηχανές με τον απλούστερο έλεγχο ροπής, ταχύτητας και θέσης. Στο παρελθόν η ευκολία και η αξιοπιστία του ελέγχου των κινητήρων συνεχούς ρεύματος αντιστάθμιζε τα σοβαρά τους μειονεκτήματα, όπως ο μεγάλος όγκος σε σχέση με την αποδιδόμενη ισχύ, το υψηλό κόστος κατασκευής και η ανάγκη συχνής συντήρησης. Έτσι, τα άλλα είδη ηλεκτρικών κινητήρων είχαν εκτοπιστεί από τα ηλεκτρικά κινητήρια συστήματα.

Σήμερα η κυριαρχία των κινητήρων συνεχούς ρεύματος στα ηλεκτρικά κινητήρια συστήματα κλονίζεται σοβαρά από την εισβολή των επαγωγικών κινητήρων και των σύγχρονων κινητήρων μόνιμου μαγνήτη. Η χρήση αυτών των κινητήρων στα κινητήρια συστήματα οφείλεται στην ανάπτυξη της τεχνολογίας η οποία διευκόλυνε την κατασκευή των πολύπλοκων ηλεκτρονικών μονάδων οδήγησης και ελέγχου που απαιτούν, με αποτέλεσμα στα τέλη της δεκαετίας του 1980 οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος να θεωρούνται πλέον παρωχημένοι.

Όμως, όπως με την ανάπτυξη της τεχνολογίας ξεπεράστηκαν σε μεγάλο βαθμό τα προβλήματα οδήγησης και ελέγχου των επαγωγικών κινητήρων και των σύγχρονων κινητήρων μόνιμου μαγνήτη, με τον ίδιο τρόπο ξεπεράστηκαν και πολλά από τα προβλήματα σχεδίασης και κατασκευής των κινητήρων συνεχούς ρεύματος. Έτσι, σύμφωνα με τα προγράμματα παραγωγής μεγάλων βιομηχανιών κατασκευής κινητήριων συστημάτων, φαίνεται ότι οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος εξακολουθούν να ανθίστανται στην επίθεση που δέχονται και θα εξακολουθήσουν να κυριαρχούν στα κινητήρια συστήματα για αρκετά χρόνια ακόμη.

Στο Σχήμα 3.8 διακρίνονται τα βασικά τμήματα του κινητήρα συνεχούς ρεύματος που είναι: ο στάτης και τα κύρια τυλίγματα διέγερσης, ο οπλισμός και τα τυλίγματα οπλισμού, το διάκενο, τα βοηθητικά τυλίγματα διέγερσης, οι ψύκτρες και το μεταλλικό περίβλημα.



Σχήμα 3.8: Δομή του κινητήρα συνεχούς ρεύματος

Τα τυλίγματα του στάτη διαρρέονται από το συνεχές ρεύμα του στάτη (ρεύμα διέγερσης) και δημιουργείται το μαγνητικό πεδίο του στάτη (μαγνητικό πεδίο διέγερσης). Οι δυναμικές γραμμές που συνδέουν τους πόλους του κινητήρα και είναι συζευγμένες με τα τυλίγματα του οπλισμού, αποτελούν την ωφέλιμη ροή, ενώ οι δυναμικές γραμμές που συνδέουν τους πόλους χωρίς να διέρχονται από τον οπλισμό αποτελούν τη ροή διαρροής ή σκέδασης.

Στα τυλίγματα του οπλισμού, που βρίσκονται στο επίπεδο από το οποίο η διεύθυνση της γραμμικής ταχύτητας των σημείων του οπλισμού είναι παράλληλη προς τις δυναμικές γραμμές του πεδίου, δεν επάγεται τάση. Το επίπεδο αυτό λέγεται ουδέτερο μαγνητικό επίπεδο και είναι το επίπεδο στο οποίο τοποθετούνται οι ψύκτρες.

Η παραμόρφωση στο πεδίο του στάτη που οφείλεται στο ρεύμα του οπλισμού λέγεται αντίδραση του οπλισμού και γίνεται εντονότερη καθώς το ρεύμα του οπλισμού αυξάνει.

Η αντίδραση του οπλισμού προκαλεί κυρίως δύο ανεπιθύμητα φαινόμενα. Πρώτον, προκαλεί τη μετατόπιση του ουδέτερου μαγνητικού επιπέδου. Έτσι, οι

ψύκτρες έρχονται πλέον σε επαφή με τυλίγματα του οπλισμού στα οποία αναπτύσσεται τάση, με αποτέλεσμα τη δημιουργία σπινθήρων. Η δημιουργία σπινθήρων προκαλεί τη δραστική μείωση του χρόνου ζωής των ψυκτήρων και του συλλέκτη και καθιστά τον κινητήρα συνεχούς ρεύματος ακατάλληλο για λειτουργία σε περιβάλλον με κίνδυνο εκρήξεως. Δεύτερον, προκαλεί εξασθένηση του πεδίου του στάτη. Η αντίδραση του οπλισμού εξουδετερώνεται με τη χρήση βοηθητικών τυλιγμάτων διέγερσης. Τα βοηθητικά τυλίγματα ή τυλίγματα αντιστάθμισης βρίσκονται στον στάτη και διαρρέονται από το ρεύμα του οπλισμού. Με άλλα λόγια, τα τυλίγματα αντιστάθμισης συνδέονται εν σειρά με τον οπλισμό και κατά τέτοιο τρόπο ώστε να εξουδετερώνουν ένα μέρος του μαγνητικού πεδίου που προκαλεί το ρεύμα του οπλισμού.

Ανάλογα με τον τρόπο που είναι συνδεδεμένο το τύλιγμα διεγέρσεως των κινητήρων συνεχούς ρεύματος τους διακρίνουμε σε:

- 1) Κινητήρες με ξένη διέγερση.
- 2) Κινητήρες με παράλληλη διέγερση.
- 3) Κινητήρες με διέγερση σειράς.
- 4) Κινητήρες με σύνθετη διέγερση.

➤ **Κινητήρες με ξένη διέγερση**

Οι κινητήρες με ξένη διέγερση που κατασκευάζονται για ειδικές χρήσεις, έχουν περίπου όμοιες ιδιότητες με αυτές των κινητήρων με παράλληλη διέγερση.

Ανάμεσα στις ειδικές περιπτώσεις όπου χρησιμοποιούνται κινητήρες με ξένη διέγερση είναι κυρίως εκείνες κατά τις οποίες γίνεται ρύθμιση της ταχύτητας περιστροφής του κινητήρα σε μεγάλα όρια. Αυτό, μπορεί να γίνει με μεταβολή σε μεγάλα επίσης όρια της τάσεως τροφοδοτήσεως του επαγωγικού τυμπάνου. Σ' αυτές τις περιπτώσεις, η διέγερση του κινητήρα πρέπει να τροφοδοτείται από μια ανεξάρτητη πηγή συνεχούς ρεύματος.

➤ **Κινητήρες με παράλληλη διέγερση**

Στους κινητήρες αυτούς, το τύλιγμα διέγερσης συνδέεται παράλληλα με το τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου.

Σε σειρά με το επαγωγικό τύμπανο συνδέεται και ο εκκινητής που χρησιμεύει για την εκκίνηση του κινητήρα. Το άκρο του τυλίγματος διέγερσης συνδέεται με τον τρίτο ακροδέκτη που φέρει ο εκκινητής.

Για να αλλάξουμε τη φορά περιστροφής σε ένα κινητήρα με παράλληλη διέγερση, συνήθως αλλάζουμε την φορά του ρεύματος μέσα στο τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου, φροντίζοντας να κρατήσουμε την ίδια πολικότητα στους κύριους μαγνητικούς πόλους. Η πολικότητα των βοηθητικών πόλων πρέπει να αλλάξει για να γίνει σωστά η διαδοχή κύριων και βοηθητικών πόλων.

Η ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα μεταβάλλεται πολύ λίγο όταν μεταβάλλεται η ένταση φορτίσεως. Η μεταβολή των στροφών από το μηδενικό στο πλήρες φορτίο κυμαίνεται στους κινητήρες αυτούς από 5 ως 15%. Ακόμα και για σημαντικές υπερφορτίσεις οι στροφές του κινητήρα λίγο μειώνονται.

➤ **Κινητήρες με διέγερση σειράς**

Το τύλιγμα διεγέρσεως είναι συνδεδεμένο σε σειρά με το τύλιγμα των βοηθητικών πόλων και το επαγωγικό τύμπανο της μηχανής. Επίσης, σε σειρά με αυτά είναι συνδεδεμένος και ο εκκινητής.

Για να αλλάξουμε τη φορά περιστροφής του κινητήρα, πρέπει να αλλάξουμε τη φορά του ρεύματος στο τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου και στο τύλιγμα των βοηθητικών πόλων χωρίς να αλλάξουμε τη φορά του ρεύματος στη διέγερση. Αν η αλλαγή της φοράς περιστροφής χρειάζεται να γίνεται τακτικά κατά τη διάρκεια της λειτουργίας, χρησιμοποιούμε όπως και για τους κινητήρες με παράλληλη διέγερση, είτε ένα εκκινητή-αναστροφέα, είτε ένα ρυθμιστή στροφών-αναστροφέα.

Στους κινητήρες αυτούς, η ένταση που περνά μέσα από το τύμπανο είναι η ίδια με την ένταση διέγερσης (αν δεν υπάρχει ρυθμιστική αντίσταση παράλληλα προς το τύλιγμα διέγερσης) και με την ένταση δικτύου. Η ροπή του κινητήρα αυξάνεται πάρα πολύ όταν αυξάνεται η ένταση του δικτύου.

Στους κινητήρες με διέγερση σειράς, η ταχύτητα περιστροφής αλλάζει πολύ όταν αλλάζει η ένταση που απορροφά ο κινητήρας, δηλαδή όταν αλλάζει το φορτίο

του κινητήρα. Η εξήγηση αυτής της ιδιότητας είναι εύκολη αν σκεφτούμε πάλι ότι η ένταση δικτύου είναι και ένταση διέγερσης στους κινητήρες αυτούς. Η μεταβολή της έντασης διέγερσης έχει σαν αποτέλεσμα τη σημαντική μεταβολή των στροφών του κινητήρα.

Από τα παραπάνω, βγαίνει το συμπέρασμα ότι ο κινητήρας με διέγερση σειράς, όταν έχει να κινήσει σημαντικό φορτίο, όχι μόνο ελαττώνει την ταχύτητά του αλλά και αναπτύσσει μεγάλη ροπή ικανή να κινήσει το εξωτερικό φορτίο που είναι συνδεδεμένο στον άξονα του. Αντίθετα, όταν ο κινητήρας έχει να κινήσει μικρό φορτίο, απορροφά από το δίκτυο μικρή ένταση και αναπτύσσει μεγάλη ταχύτητα με μικρή σχετικά ροπή. Η συμπεριφορά αυτή του κινητήρα με διέγερση σειράς, τον κάνει κατάλληλο για την ανύψωση βαρών και για την ηλεκτρική κίνηση οχημάτων.

Ο κινητήρας με διέγερση σειράς, όταν δεν έχει φορτίο συνδεδεμένο στον άξονά του, απορροφά από το δίκτυο πολύ μικρή ένταση. Η ταχύτητά του αυξάνεται πάρα πολύ και υπάρχει κίνδυνος να καταστραφεί ο κινητήρας. Για το λόγο αυτό οι κινητήρες με διέγερση σειράς συνδέονται πάντοτε με το φορτίο που κινούν με μηχανικό σύνδεσμο ή με οδοντωτούς τροχούς (γρανάζια) και ποτέ με ιμάντες, που είναι δυνατό να κοπούν και να μείνει ο κινητήρας χωρίς φορτίο.

➤ **Κινητήρες με σύνθετη διέγερση**

Στους κινητήρες με σύνθετη διέγερση, κάθε κύριος μαγνητικός πόλος έχει δύο τύλιγματα, το παράλληλο τύλιγμα και το τύλιγμα σειράς. Επίσης, υπάρχουν κινητήρες με αθροιστική σύνθετη διέγερση και κινητήρες με διαφορική σύνθετη διέγερση, αντίστοιχα με το αν το τύλιγμα σειράς ενισχύει ή εξασθενίζει το μαγνητικό πεδίο που δημιουργεί το παράλληλο τύλιγμα.

Η εκκίνηση στους κινητήρες με σύνθετη διέγερση, γίνεται και εδώ, όπως στους κινητήρες με παράλληλη διέγερση, με τη βοήθεια ενός εκκινητή που συνδέεται σε σειρά με το επαγωγικό τύμπανο.

Για να αλλάξουμε τη φορά περιστροφής σε ένα κινητήρα με σύνθετη διέγερση, πρέπει να αλλάξουμε τη διεύθυνση του ρεύματος μέσα στο επαγωγικό τύμπανο και στους βοηθητικούς πόλους. Η διεύθυνση όμως του ρεύματος διέγερσης, τόσο μέσα

στο παράλληλο τύλιγμα όσο και μέσα στο τύλιγμα σειράς, πρέπει να μένει η ίδια. Αν η αλλαγή της φοράς περιστροφής πρέπει να γίνεται τακτικά κατά τη λειτουργία του κινητήρα, χρησιμοποιούμε, όπως και στους άλλους κινητήρες, είτε ένα εκκινητή-αναστροφέα είτε ένα ρυθμιστή στροφών-αναστροφέα.

Ο κινητήρας με σύνθετη διέγερση, στη λειτουργία του χωρίς φορτίο συμπεριφέρεται σαν κινητήρας με παράλληλη διέγερση. Δεν υπάρχει λοιπόν φόβος στον κινητήρα αυτό, όταν μείνει χωρίς φορτίο, να αυξηθεί πάρα πολύ η ταχύτητα περιστροφής του, όπως συμβαίνει στους κινητήρες με διέγερση σειράς.

Οι δύο παράγοντες που προσδιορίζουν την ταχύτητα περιστροφής ενός κινητήρα που λειτουργεί είναι η τάση που εφαρμόζεται στα άκρα του τυλίγματος του επαγωγικού τυμπάνου και η μαγνητική ροή των πόλων (που εξαρτάται από την ένταση διεγέρσεως). Ανάλογα με τον τρόπο που επιλέγεται, εφαρμόζονται στην πράξη τρεις κυρίως τρόποι για τη ρύθμιση της ταχύτητας περιστροφής των κινητήρων συνεχούς ρεύματος:

a) Με ρυθμιστική αντίσταση στο παράλληλο τύλιγμα διεγέρσεως

Η μέθοδος αυτή, που στηρίζεται στη μεταβολή της εντάσεως διέγερσης για τη ρύθμιση της ταχύτητας, εφαρμόζεται στους κινητήρες με παράλληλη διέγερση και στους κινητήρες με σύνθετη διέγερση. Μια ρυθμιστική αντίσταση συνδέεται σε σειρά με το παράλληλο τύλιγμα και μεταβάλλει την ένταση διέγερσης που περνά μέσα από αυτό. Είναι η πιο συνηθισμένη μέθοδος ρύθμισης της ταχύτητας περιστροφής στους κινητήρες συνεχούς ρεύματος.

Η ρυθμιστική αντίσταση διέγερσης μπορεί να είναι μια ανεξάρτητη ρυθμιστική αντίσταση ή να είναι συνδυασμένη με τον εκκινητή. Με τη μέθοδο αυτή μπορεί να μεταβληθεί η ταχύτητα ενός κινητήρα με παράλληλη διέγερση από την ονομαστική της τιμή μέχρι τέσσερις φορές την τιμή αυτή, εφόσον βέβαια το αντέχει η μηχανική κατασκευή του κινητήρα.

Στους κινητήρες με σύνθετη διέγερση, για μια ορισμένη θέση του στρόφαλου της ρυθμιστικής αντίστασης, η ταχύτητα μεταβάλλεται σημαντικά όταν μεταβάλλεται

το φορτίο. Αντίθετα στους κινητήρες με παράλληλη διέγερση, η μεταβολή της ταχύτητας με το φορτίο είναι πολύ μικρότερη.

Στους κινητήρες σειράς, η μέθοδος αυτή της μεταβολής της έντασης διέγερσης για τη ρύθμιση των στροφών του κινητήρα εφαρμόζεται μερικές φορές, αλλά τροποποιημένη. Δηλαδή, μια ρυθμιστική αντίσταση συνδέεται παράλληλα με το τύλιγμα διέγερσης, ώστε ένα μέρος του ρεύματος του τυμπάνου να περνά μέσα από αυτή τη ρυθμιστική αντίσταση. Έτσι μπορούμε, μεταβάλλοντας τη ρυθμιστική αντίσταση να μεταβάλλουμε την ένταση διέγερσης.

b) Ρυθμιστική αντίσταση στο επαγωγικό τύμπανο

Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στη μεταβολή της τάσεως που εφαρμόζεται στο τύμπανο του κινητήρα για τη ρύθμιση των στροφών του. Αν σε σειρά με το επαγωγικό τύμπανο συνδέσουμε μια ρυθμιστική αντίσταση, που ονομάζεται ρυθμιστής στροφών, όπως ακριβώς συνδέεται ο εκκινητής, τότε με την πτώση τάσεως που δημιουργείται μέσα στην αντίσταση αυτή μπορούμε να επιτύχουμε ρύθμιση της τάσεως τροφοδοτήσεως του επαγωγικού τύμπανου.

Η μέθοδος εφαρμόζεται συνήθως στους κινητήρες σειράς. Στους κινητήρες με παράλληλη ή με σύνθετη διέγερση η μέθοδος χρησιμοποιείται όταν θέλουμε να έχουμε μεταβολή της ταχύτητας σε πολύ χαμηλά όρια. Στις περιπτώσεις αυτές η ρυθμιστική αντίσταση διέγερσης δεν είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί, γιατί με αυτή δεν μπορούμε να επιτύχουμε ταχύτητες κάτω από ένα ορισμένο όριο. Το όριο αυτό είναι η ταχύτητα που έχει ο κινητήρας όταν όλη η ρυθμιστική αντίσταση είναι εκτός κυκλώματος, οπότε μέσα από το τύλιγμα διέγερσης περνά το μεγαλύτερο δυνατό ρεύμα.

Η μέθοδος ρύθμισης της ταχύτητας με το ρυθμιστή στροφών που είναι συνδεδεμένος, όπως αναφέρθηκε, σε σειρά με το επαγωγικό τύμπανο, είναι δαπανηρή από την άποψη ότι υπάρχει σημαντική απώλεια ενέργειας που εμφανίζεται σαν θερμότητα μέσα στο ρυθμιστή στροφών. Αντίθετα, η ρύθμιση της ταχύτητας με τη ρυθμιστική αντίσταση διέγερσης, όπου βέβαια μπορεί να εφαρμοσθεί, παρουσιάζει πολύ μικρότερες απώλειες, αφού η ένταση στο παράλληλο τύλιγμα διεγέρσεως είναι πολύ μικρή, συγκρινόμενη με την ένταση του επαγωγικού τύμπανου.

Στις περιπτώσεις που χρησιμοποιείται ρυθμιστής στροφών, αυτός ο ίδιος είναι τότε και εκκινήτης του κινητήρα. Η ουσιαστική διαφορά μεταξύ ενός ρυθμιστή στροφών και ενός εκκινήτη είναι ότι ο ρυθμιστής στροφών χρησιμοποιείται συνεχώς κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του κινητήρα, ενώ ο εκκινήτης χρησιμοποιείται μόνο στην εκκίνηση. Γι' αυτό το λόγο, οι αντιστάσεις του ρυθμιστή στροφών πρέπει να είναι έτσι υπολογισμένες ώστε να αντέχουν στη σημαντική θερμότητα που παράγεται, χωρίς να υπάρχει φόβος να καταστραφούν.

Οι χειροκίνητοι ρυθμιστές στροφών των κινητήρων με διέγερση σειράς και των μεγάλων κινητήρων με παράλληλη ή σύνθετη διέγερση, έχουν συνήθως τη μορφή ενός κατακόρυφου κυλινδρικού τύμπανου που μπορεί να περιστραφεί με ένα χειροστρόφαλο. Στην κυλινδρική επιφάνεια του τυμπάνου είναι στερεωμένοι μεταλλικοί τομείς μονωμένοι προς αυτό και συνδεδεμένοι μεταξύ τους. Στους μεταλλικούς τομείς εφάπτονται κατά την περιστροφή του κυλίνδρου αντίστοιχες σταθερές επαφές που είναι στερεωμένες στο ακίνητο μέρος του ρυθμιστή στροφών.

Στις σταθερές επαφές συνδέονται τα άκρα των τυλιγμάτων του κινητήρα, οι αντιστάσεις του ρυθμιστή στροφών και οι αγωγοί για την τροφοδότηση του κινητήρα. Ανάλογα με τη θέση που δίνουμε στον κύλινδρο στρέφοντάς τον, παρεμβάλουμε σε σειρά με το τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου του κινητήρα διαφορετικό κάθε φορά αριθμό αντιστάσεων. Έτσι, μεταβάλλουμε την τάση που εφαρμόζεται στο επαγωγικό τύμπανο και συνεπώς και την ταχύτητα του κινητήρα.

c) Μεταβολή της τάσης τροφοδότησης του επαγωγικού τυμπάνου

Η μέθοδος αυτή ρύθμισης της ταχύτητας των κινητήρων βασίζεται πάλι στη μεταβολή της τάσης που επιβάλλεται στο τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου, πραγματοποιείται όμως όχι με την πτώση τάσεως μέσα στο ρυθμιστή στροφών αλλά με τη μεταβολή της τάσης τροφοδότησης. Στην περίπτωση αυτή χρειάζεται για κάθε κινητήρα μια ιδιαίτερη πηγή συνεχούς ρεύματος που μπορεί να είναι και μια ιδιαίτερη γεννήτρια, η οποία να τροφοδοτεί το επαγωγικό του τύμπανο με ρυθμιζόμενη κατάλληλα τάση. Η ένταση διέγερσης του κινητήρα διατηρείται σταθερή τροφοδοτούμενη από μια άλλη πηγή (κινητήρας ξένης διέγερσης).

Η μέθοδος αυτή δίνει μεταβολή της ταχύτητας του κινητήρα σε μεγάλα όρια. Έχει επίσης το πλεονέκτημα, με την προοδευτική αύξηση της τάσης της πηγής που τροφοδοτεί τον κινητήρα, ότι ξεκινώντας από το μηδέν επιτυγχάνονται άριστες συνθήκες εκκίνησης του κινητήρα. Αυτός είναι και ο λόγος που χρησιμοποιείται το σύστημα αυτό μεταξύ άλλων και στους σύγχρονους ανελκυστήρες μεγάλης ταχύτητας λειτουργίας, όπου απαιτείται όμως να έχουν πολύ ομαλή εκκίνηση και ομαλό σταμάτημα.

Μια περίπτωση εφαρμογής αυτής της μεθόδου για τη ρύθμιση της ταχύτητας του κινητήρα είναι το σύστημα Ward-Leonard. Το σύστημα αυτό αποτελείται από μια γεννήτρια συνεχούς ρεύματος που τροφοδοτεί απευθείας το επαγωγικό τύμπανο του κινητήρα ξένης διεγέρσεως που θέλουμε να έχουμε ρύθμιση στροφών. Η ρύθμιση της τάσης που εφαρμόζεται στο επαγωγικό τύμπανο του κινητήρα συνεχούς ρεύματος, γίνεται με την ρυθμιστική αντίσταση που υπάρχει στο τύλιγμα διέγερσης της γεννήτριας.

Μια άλλη περίπτωση εφαρμογής της μεθόδου μεταβολής της τάσης που εφαρμόζεται στο επαγωγικό τύμπανο του κινητήρα για τη ρύθμιση των στροφών είναι και αυτή στην οποία το συνεχές ρεύμα για την τροφοδότηση του επαγωγικού τυμπάνου του κινητήρα παράγεται από ένα ανορθωτή με ανορθωτικά στοιχεία από ημιαγωγούς. Η μεταβολή της τάσης του συνεχούς ρεύματος που εφαρμόζεται στο επαγωγικό τύμπανο του κινητήρα γίνεται με το μεταβλητό αυτομετασχηματιστή που τροφοδοτεί τον ανορθωτή. Η διέγερση του κινητήρα τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα σταθερής τάσεως από ένα άλλο ανορθωτή. Με το παραπάνω σύστημα επιτυγχάνονται ρυθμίσεις της ταχύτητας σε όρια μεγαλύτερα και από 1 προς 5. Η διακύμανση των στροφών κατά τη λειτουργία χωρίς φορτίο και με πλήρες φορτίο φθάνει το 10%.

Επίσης, αξίζει να αναφερθεί ότι με τη χρησιμοποίηση των ανορθωτικών στοιχείων από ημιαγωγούς που ονομάζονται θυρίστορ, επιτυγχάνεται ο αυτόματος έλεγχος της τάσης του συνεχούς ρεύματος που τροφοδοτεί το επαγωγικό τύμπανο και συνεπώς και των στροφών του κινητήρα.

Παρακάτω αναφέρονται κάποια σημαντικά χαρακτηριστικά και τεχνικά στοιχεία των κινητήρων συνεχούς ρεύματος.

- **Ισχύς**

Η ισχύς N_1 που ένας κινητήρας απορροφά με μορφή ηλεκτρικής ενέργειας από την πηγή που τον τροφοδοτεί με συνεχές ρεύμα, δίνεται από τη σχέση:

$$N_1 = \frac{U \times I}{1000} \text{ σε kW}$$

Όταν μιλάμε για ισχύ κινητήρα εννοούμε πάντοτε την ισχύ που δίνει στον άξονα του. Η ισχύς αυτή N δίνεται από τη σχέση:

$$N = \frac{T_a \times n}{9554} \text{ σε kW}$$

Όπου:

T_a είναι η ροπή σε Nm που αναπτύσσει ο κινητήρας στον άξονα του και

n είναι η ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα σε στρ/min

Η ροπή T_a είναι μικρότερη από την κινητήρια ροπή T κατά τη ροπή που απορροφούν οι απώλειες του κινητήρα.

- **Απώλειες**

Η ισχύς N που ο κινητήρας δίνει στον άξονά του με μορφή μηχανικής ενέργειας είναι πάντοτε μικρότερη από την ηλεκτρική ισχύ N_1 που απορροφά από το δίκτυο.

Η διαφορά:

$$N_1 - N = N_{ap}$$

καταναλώθηκε σε απώλειες μέσα στη μηχανή.

- **Βαθμός αποδόσεως**

Ο λόγος της ισχύος N που δίνει ο κινητήρας στον άξονά του προς την ισχύ που παίρνει από το δίκτυο ονομάζεται βαθμός απόδοσης:

$$\eta = \frac{N}{N_1} = \frac{N}{N + N_{ap}}$$

Το η είναι πάντοτε αριθμός μικρότερος από τη μονάδα.

Στην ετικέτα κάθε κινητήρα είναι γραμμένα συνήθως τα ακόλουθα χαρακτηριστικά στοιχεία του:

- ✓ Η **ονομαστική ισχύς**, που δίνεται σε kW ή HP (1 HP=0,736 kW) και είναι η μεγαλύτερη ισχύς που μπορεί να δίνει στον άξονά του ο κινητήρας συνεχώς εργαζόμενος με την ονομαστική του τάση, χωρίς να υπάρχει κίνδυνος να πάθει βλάβη από υπερθέρμανση. Φόρτιση του κινητήρα με ισχύ λίγο μεγαλύτερη από την ονομαστική του είναι δυνατή για μικρά χρονικά διαστήματα.
- ✓ Η **ονομαστική τάση**, που είναι η τάση για την οποία ο κινητήρας έχει κατασκευασθεί να λειτουργεί. Δηλαδή, είναι η τάση που πρέπει να έχει το δίκτυο που θα τον τροφοδοτήσει.
- ✓ Η **ονομαστική ένταση**, που είναι η ένταση που απορροφά ο κινητήρας όταν έχει συνδεθεί σε δίκτυο με τάση ίση με την ονομαστική του και δίνει στον άξονα την ονομαστική του ισχύ.
- ✓ Τέλος, η **ονομαστική ταχύτητα** του κινητήρα είναι η ταχύτητα περιστροφής με την οποία εργάζεται όταν δίνει στον άξονά του την ονομαστική ισχύ και τροφοδοτείται με την ονομαστική του τάση.

3.3. Κύκλωμα Σκόπευσης

Το ηλεκτρονικό κύκλωμα σκόπευσης που κατασκευάστηκε για την συγκεκριμένη εφαρμογή σχεδιάστηκε έτσι ώστε να μπορεί να λειτουργήσει με την συγκεκριμένη μηχανική κατασκευή (τραπέζι και κεραία ανύψωσης) που κατασκευάστηκε στο εργαστήριο ΔΟΜΗΣ ΤΗΣ ΥΛΗΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΗΣ LASER του Πολυτεχνείου Κρήτης. Παρακάτω γίνεται μια σύντομη αναφορά για τις μηχανικές αυτές κατασκευές.

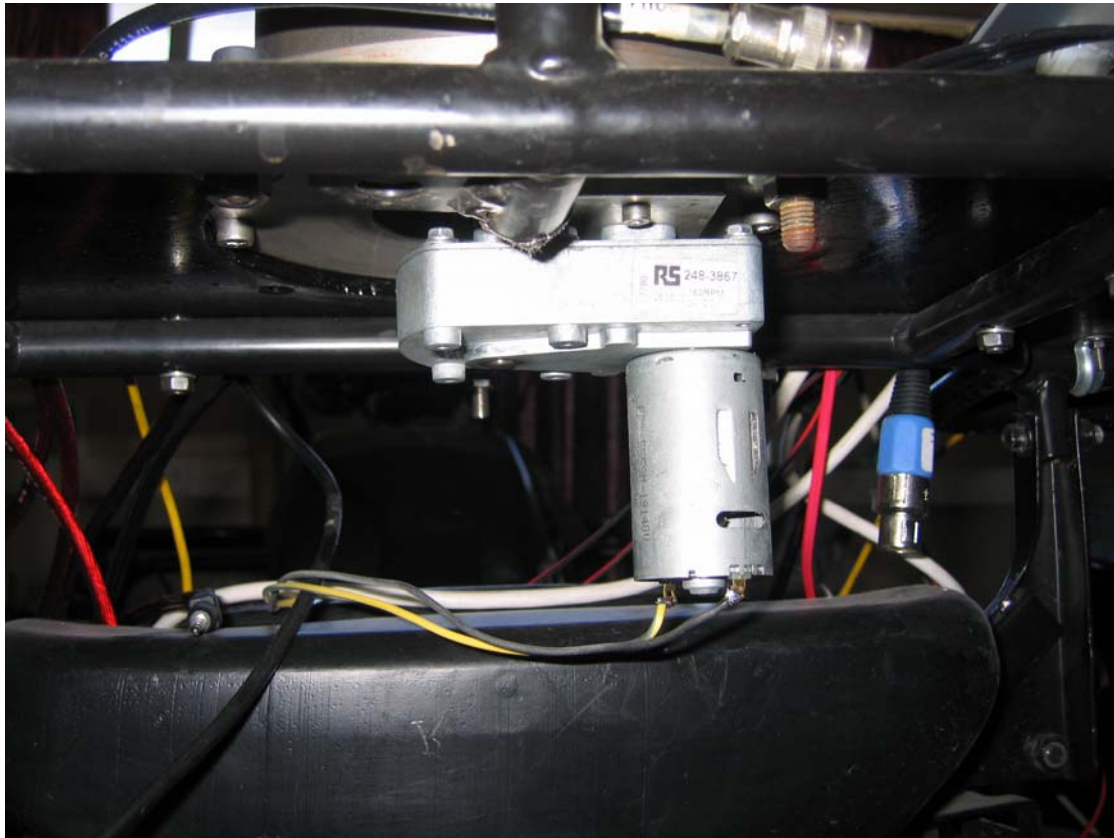
Συγκεκριμένα, κατασκευάστηκε ένα είδος τραπέζιου στο οποίο ενσωματώθηκαν δύο βηματικοί κινητήρες. Αυτοί, με τη χρήση γραναζιών, μεταφέρουν την κίνηση στους δύο άξονες του τραπέζιου. Έτσι πετυχαίνεται η κίνηση ολόκληρου του τραπέζιου, σε οριζόντιο και κατακόρυφο επίπεδο. Στην Εικόνα 3.1,

φαίνεται η μηχανική κατασκευή του τραπεζιού όπου επάνω σε αυτήν έχουν τοποθετηθεί ο εικονολήπτης και ο αισθητήρας θερμοκρασίας.



Εικόνα 3.1: Τραπέζι στήριξης με εικονολήπτη και αισθητήρα θερμοκρασίας

Ακόμα, για την ανύψωση του τραπεζιού αυτού κατασκευάστηκε ένας μηχανικός ανελκυστήρας κυκλικής διατομής, με εσωτερικό ατέρμονα κοχλία αντίστροφου σπειρώματος. Στη βάση αυτού του μηχανικού ανελκυστήρα (κεραία ανύψωσης) υπάρχει ένας κινητήρας συνεχούς ρεύματος, ο οποίος δίνει κίνηση στον εσωτερικό ατέρμονα κοχλία κι έτσι επιτυγχάνεται η ανύψωση του τραπεζιού. Στην Εικόνα 3.2, φαίνεται ο κινητήρας που είναι προσαρμοσμένος στη κεραία ανύψωσης.



Εικόνα 3.2: Κινητήρας για την ανύψωση της κεραίας

Η ανύψωση του τραπέζιου, μπορεί να φθάσει το ύψος των τεσσάρων μέτρων και πρέπει να γίνεται με το όχημα σε στάση, γιατί όπως αναμένεται αν γίνεται σε κίνηση θα υπάρχει μεγάλη πιθανότητα αστάθειας. Στην Εικόνα 3.3, φαίνεται η κεραία ανύψωσης.



Εικόνα 3.3: Κεραία ανύψωσης

Όπως προαναφέρθηκε, για την ανύψωση και την κίνηση του τραπεζιού χρησιμοποιούνται τρεις κινητήρες:

- ✓ ένας βηματικός κινητήρας, για την επίτευξη της κίνησης του τραπεζιού πάνω - κάτω
- ✓ ένας βηματικός κινητήρας, για την επίτευξη της κίνησης του τραπεζιού δεξιά – αριστερά και
- ✓ ένας κινητήρας συνεχούς ρεύματος για την ανύψωση ολόκληρου του τραπεζιού σε ύψος έως 4 μέτρα.

Ο όγκος, το βάρος, η ροπή και η χαμηλή κατανάλωση ισχύος ήταν μερικά από τα κριτήρια με τα οποία έγινε η επιλογή των κινητήρων. Τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των κινητήρων που χρησιμοποιήθηκαν αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 3.1: Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά βηματικών κινητήρων

Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά	Βηματικός Κινητήρας (κίνηση πάνω - κάτω)	Βηματικός Κινητήρας (κίνηση δεξιά - αριστερά)
Τάση (V)	12 V	12 V
Ρεύμα (A)	0,42 A	1,41 A
Ροπή (Ncm)	19 N·cm	62 N·cm
Γωνία βήματος (°)	1,8° ±0,09°	1,8° ±0,09°

Πίνακας 3.2: Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά κινητήρα συνεχούς ρεύματος

Ηλεκτρικά Χαρακτηριστικά	Κινητήρας Συνεχούς Ρεύματος (κίνηση κατά ύψος)
Τάση (V)	24 V
Ρεύμα (A)	0,15 A
Ροπή (Nm)	10 N·cm
Ταχύτητα (rpm)	3500 rpm

Για την οδήγηση και τον έλεγχο των κινητήρων αυτών σχεδιάστηκε ηλεκτρονικό κύκλωμα που αποτελείται από τέσσερα μικρότερα κυκλώματα τα οποία

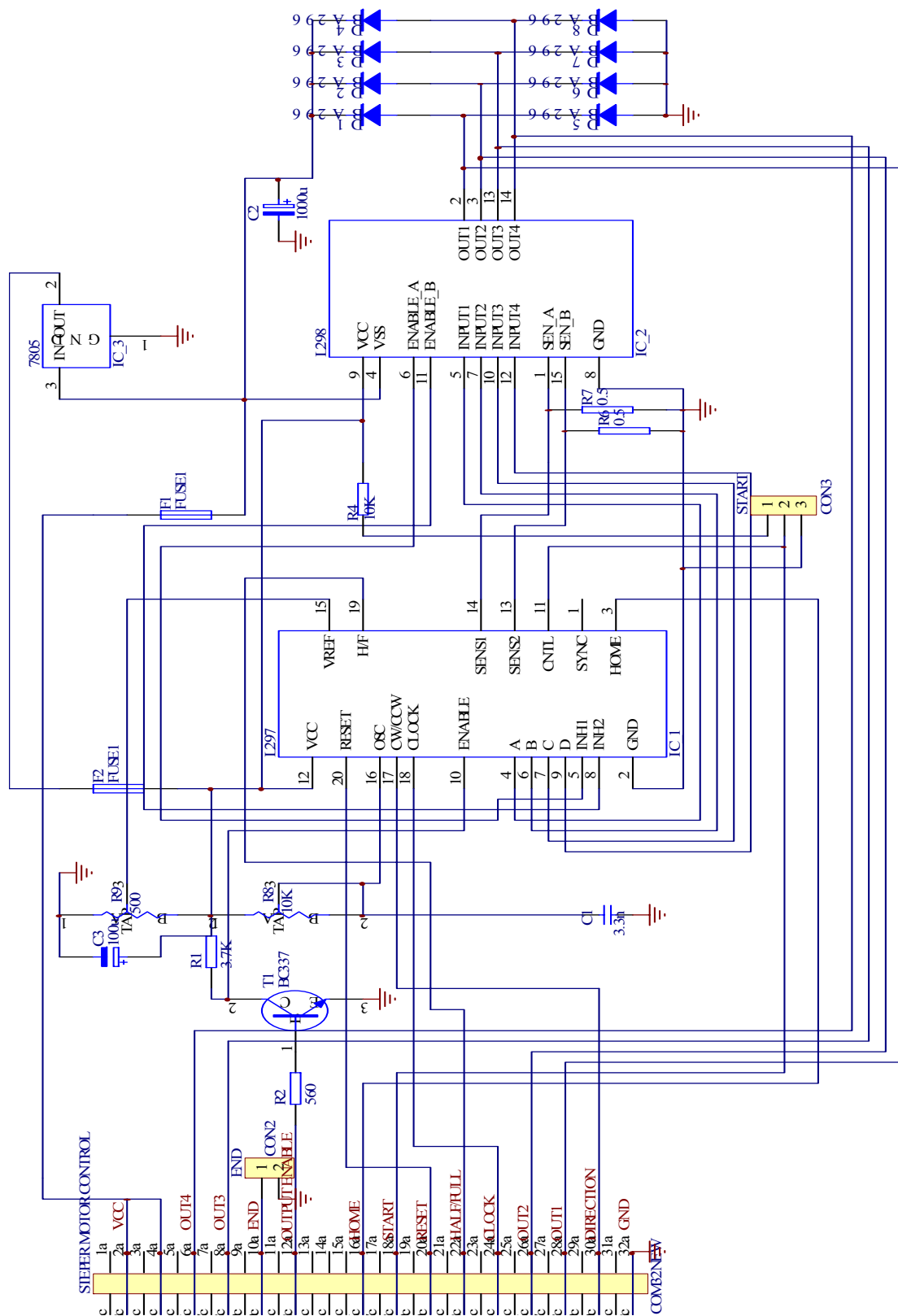
επικοινωνούν μεταξύ τους με την βοήθεια ενός πέμπτου. Ειδικότερα, κατασκευάστηκαν δύο ίδια κυκλώματα οδήγησης βηματικών κινητήρων, ένα κύκλωμα οδήγησης κινητήρα συνεχούς ρεύματος και ένα κύκλωμα ελέγχου των οδηγών αυτών με χρήση μικροελεγκτή.

▪ **Οδηγός Βηματικού Κινητήρα**

Το κύκλωμα του οδηγού του βηματικού κινητήρα στηρίζεται στα γνωστά ολοκληρωμένα κυκλώματα L297/298 της SGS-Thomson, που επιτελούν το λογικό έλεγχο και την οδήγηση ισχύος του κινητήρα. Το ολοκληρωμένο κύκλωμα L297 είναι ένας ελεγκτής βηματικών κινητήρων ο οποίος παράγει κατάλληλα σήματα οδήγησης τεσσάρων φάσεων για διπολικούς βηματικούς κινητήρες δύο φάσεων ή για μονοπολικούς βηματικούς κινητήρες τεσσάρων φάσεων, σε εφαρμογές που βασίζονται στην χρήση μικροελεγκτών. Ο κινητήρας μπορεί να οδηγηθεί σε λειτουργία μισού βήματος, σε κανονική λειτουργία καθώς επίσης και σε άλλες λειτουργίες. Η ενσωματωμένη μονάδα PWM κυκλωμάτων κατακερματισμού (PWM Chopper Circuits) επιτρέπει τη διακοπτική λειτουργία ελέγχου του ρεύματος των τυλιγμάτων του κινητήρα. Οι μόνες εισοδοί ελέγχου που απαιτούνται είναι μια είσοδος ελέγχου του τρόπου λειτουργίας (HALF/FULL), μια είσοδος χρονισμού (CLOCK) και μια είσοδος επιλογής της κατεύθυνσης της κίνησης (DIRECTION). Για την οδήγηση ισχύος των βηματικών κινητήρων χρησιμοποιείται το ολοκληρωμένο κύκλωμα οδήγησης L298. Αυτό είναι ένας διπλός οδηγός ισχύος τύπου γέφυρας. Μπορεί να λειτουργήσει σε τάσεις τροφοδοσίας μέχρι 48 Volts και ρεύματα DC μέχρι και 4 A.

Πέρα από τα ενεργά στοιχεία του κυκλώματος αυτού που είναι το L297 και το L298, χρησιμοποιούνται και κάποια παθητικά στοιχεία για την σωστή λειτουργία του κυκλώματος. Αυτά είναι οι οκτώ δίοδοι που είναι συνδεδεμένες στις εξόδους του L298, δύο ποτενσιόμετρα για την ρύθμιση του ρεύματος και της συχνότητας και αρκετά άλλα. Ακόμα, υπάρχουν δύο γεφυρώσεις για την ενεργοποίηση των τερματικών διακοπών (interlocks). Τα φύλλα δεδομένων των L297 και L298 περιλαμβάνονται στο συνοδευτικό CD ROM.

Στο Σχήμα 3.9, φαίνεται το σχηματικό διάγραμμα του κυκλώματος οδήγησης των βηματικών κινητήρων. Το τυπωμένο κύκλωμα που σχεδιάστηκε φαίνεται στο Παράρτημα της εργασίας (Εικόνα Παρ.1).



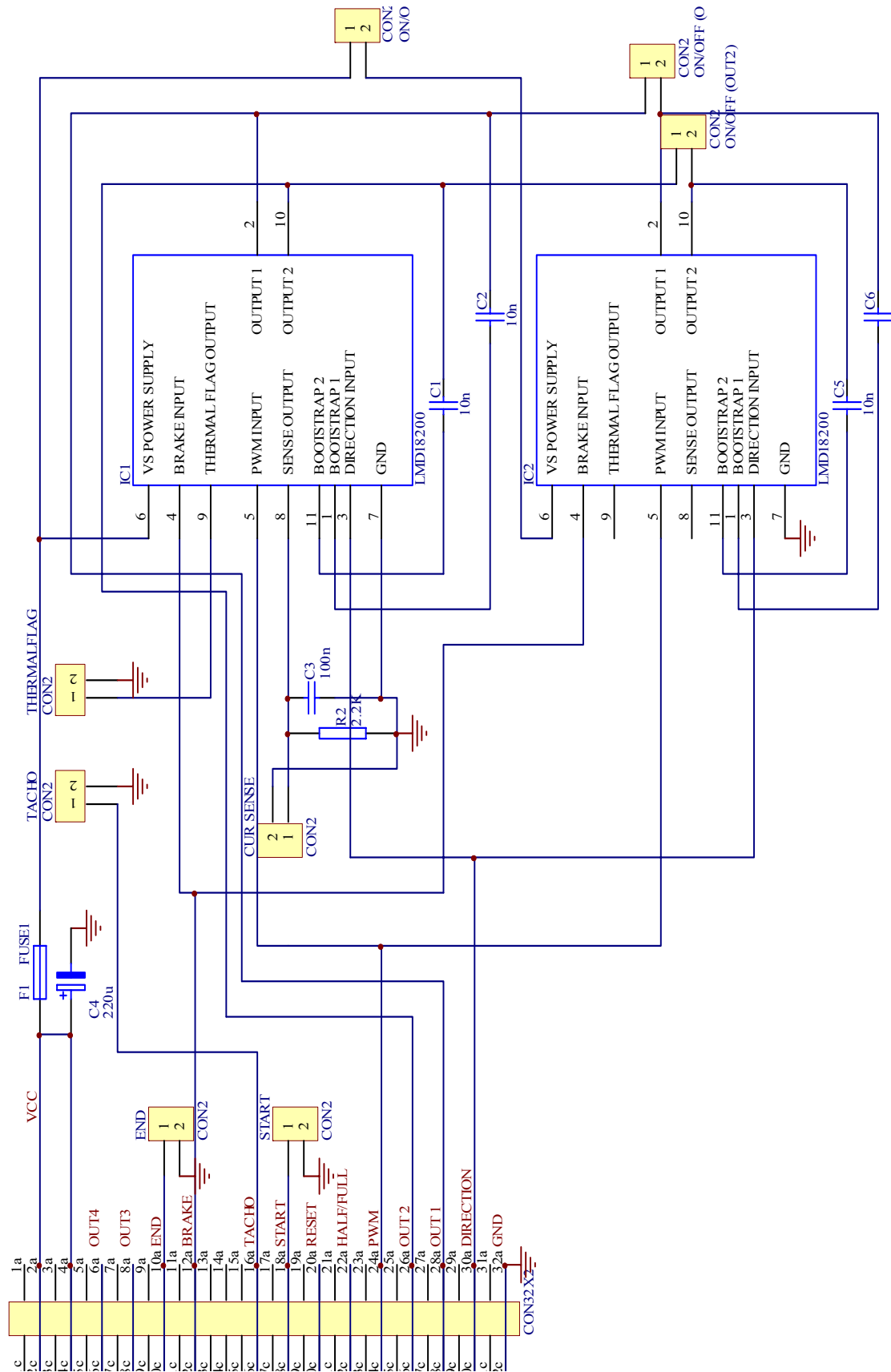
Σχήμα 3.9: Σχηματικό διάγραμμα κυκλώματος οδήγησης βηματικού κινητήρα

▪ **Οδηγός Κινητήρα Συνεχούς Ρεύματος**

Το κύκλωμα του οδηγού του κινητήρα συνεχούς ρεύματος στηρίζεται στο ολοκληρωμένο κύκλωμα LMD18200 της National Semiconductors. Το ολοκληρωμένο αυτό κύκλωμα είναι μια γέφυρα τύπου H και χρησιμοποιείται για την οδήγηση κινητήρων συνεχούς ρεύματος. Όπως και στο κύκλωμα οδήγησης βηματικού κινητήρα, έτσι κι εδώ οι μόνες εισοδοί ελέγχου που απαιτούνται είναι μια είσοδος ενεργοποίησης (BRAKE), μια είσοδος χρονισμού (PWM) και μια είσοδος επιλογής της κατεύθυνσης της κίνησης (DIRECTION). Στο κύκλωμα, έχουν συνδεθεί δύο LMD18200 παράλληλα ώστε να μπορεί να οδηγηθεί κινητήρας με μεγάλη κατανάλωση ισχύος.

Πέρα από τα ενεργά στοιχεία του κυκλώματος αυτού που είναι τα δύο LMD18200 χρησιμοποιούνται και κάποια παθητικά στοιχεία για την σωστή λειτουργία του κυκλώματος. Ακόμα, υπάρχουν αρκετές γεφυρώσεις για την επιλογή κάποιων λειτουργιών όπως είναι η ενεργοποίηση και του δεύτερου LMD18200 ή η ενεργοποίηση των τερματικών διακοπών. Τα φύλλα δεδομένων του LMD18200 περιλαμβάνονται στο συνοδευτικό CD ROM.

Στο Σχήμα 3.10 φαίνεται το σχηματικό διάγραμμα του κυκλώματος οδήγησης του κινητήρα συνεχούς ρεύματος. Το τυπωμένο κύκλωμα που σχεδιάστηκε φαίνεται στο Παράρτημα της εργασίας (Εικόνα Παρ.2).

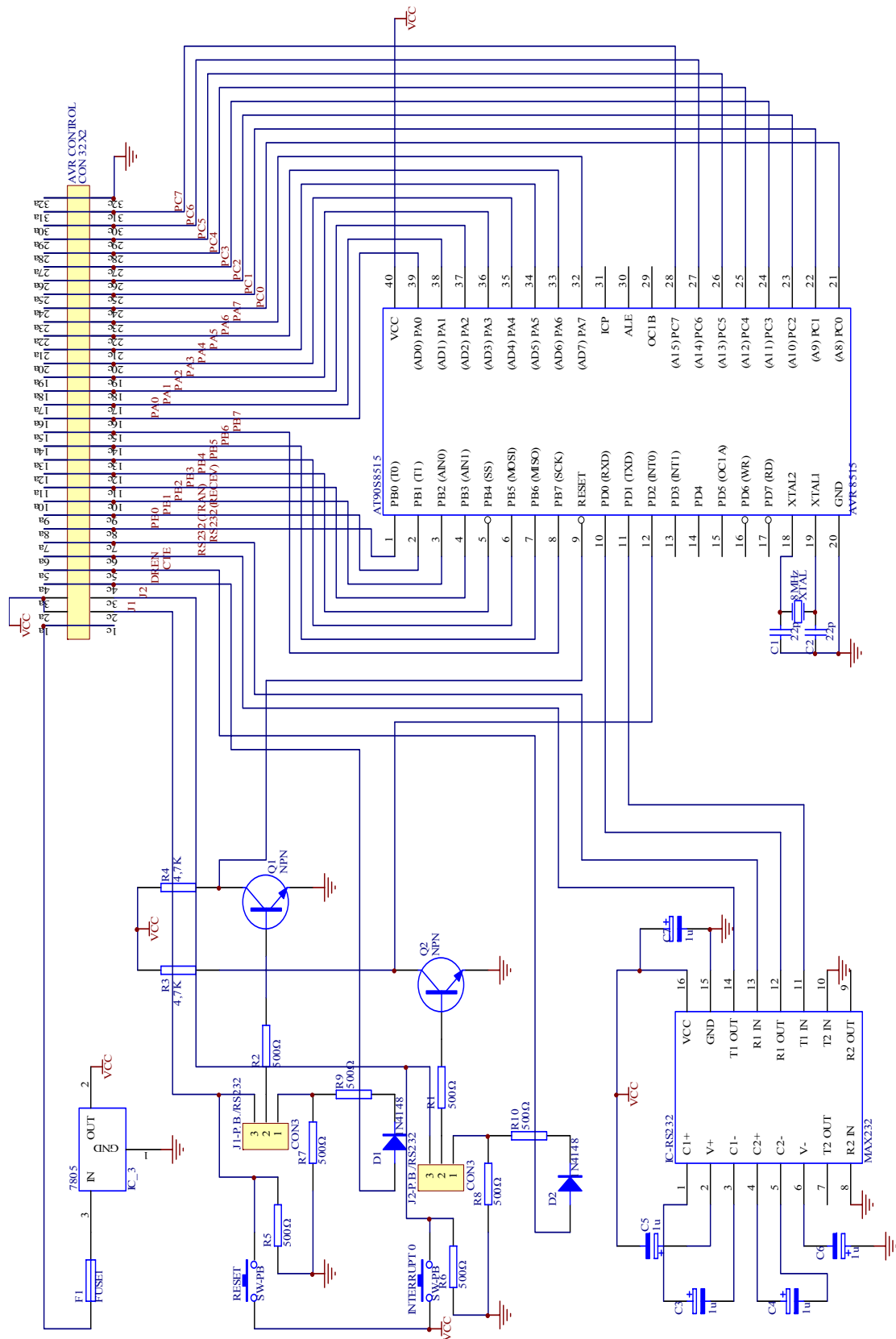


Σχήμα 3.10: Σχηματικό διάγραμμα κυκλώματος οδήγησης κινητήρα συνεχούς ρεύματος

▪ Έλεγχος Κυκλωμάτων Οδήγησης Κινητήρων

Το κύκλωμα ελέγχου των οδηγών των κινητήρων είναι και ο «πυρήνας» του κυκλώματος σκόπευσης. Σε αυτό χρησιμοποιείται ο μικροελεγκτής AT90S8515 της οικογένειας των AVR της ATMEL. Ακόμα, σε αυτήν τη βαθμίδα ανήκουν και κάποια περιφερειακά στοιχεία που εξασφαλίζουν την επικοινωνία με τον Η/Υ και προσθέτουν ευελιξία στο σύστημα. Συγκεκριμένα, το ολοκληρωμένο MAX232 μαζί με κάποια παθητικά στοιχεία, πραγματοποιεί την επικοινωνία με τη σειριακή θύρα του Η/Υ. Κάποια από τα υπόλοιπα περιφερειακά στοιχεία του μικροελεγκτή πραγματοποιούν τις λειτουργίες της επανεκκίνησης (RESET) και της διακοπής (INTERRUPT). Από τις γεφυρώσεις (J1, J2) που υπάρχουν μπορεί κανείς να επιλέξει τον τρόπο που θα πραγματοποιήσει την επανεκκίνηση και τη διακοπή του μικροελεγκτή. Δηλαδή, μπορεί κανείς να εκτελέσει αυτές τις λειτουργίες είτε με τη χρήση των πιεστικών πλήκτρων είτε μέσω της σειριακής θύρας του Η/Υ. Αν η γέφυρα J1 τοποθετηθεί μεταξύ των θέσεων 2 και 1, εκτελείται η επανεκκίνηση μέσω της σειριακής θύρας του Η/Υ. Αν πάλι τοποθετηθεί μεταξύ των θέσεων 2 και 3, εκτελείται η επανεκκίνηση μέσω των πλήκτρων. Αντίστοιχα γίνεται και με τη γέφυρα J2 για να εκτελεστεί η διακοπή. Αυτές οι δύο λειτουργίες της επανεκκίνησης και της διακοπής είναι γνωστές σαν λειτουργίες μέσω υλικού (Hardware) και μέσω λογισμικού (Software). Τα φύλλα δεδομένων του AT90S8515 και του MAX232, περιλαμβάνονται στο συνοδευτικό CD ROM.

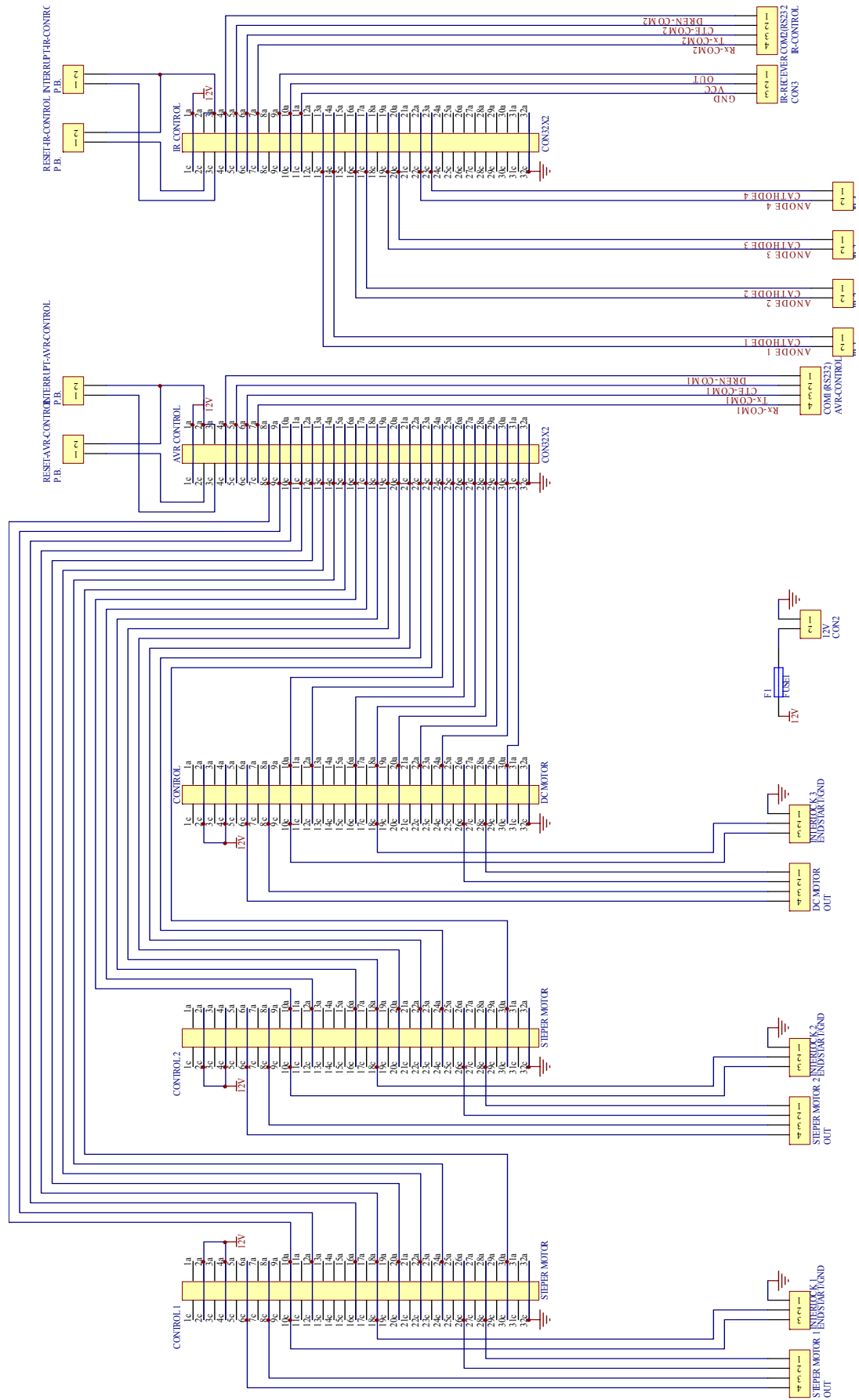
Στο Σχήμα 3.11, φαίνεται το σχηματικό διάγραμμα του κυκλώματος ελέγχου των οδηγών των κινητήρων. Το τυπωμένο κύκλωμα που σχεδιάστηκε φαίνεται στο Παράρτημα της εργασίας (Εικόνα Παρ.3).



Σχήμα 3.11: Σχηματικό διάγραμμα κυκλώματος ελέγχου οδηγών κινητήρων

- **Κεντρικό Κύκλωμα Διασύνδεσης**

Ο στόχος αυτού του κυκλώματος είναι η διασύνδεση του κυκλώματος ελέγχου των οδηγών με τους τρεις οδηγούς κινητήρων. Ο σχεδιασμός του κυκλώματος έγινε έτσι ώστε να υπάρχει σταθερότητα στις μεταξύ τους συνδέσεις και να μην καταλαμβάνεται μεγάλος χώρος. Ακόμα, προβλέφθηκε να υπάρχει δυνατότητα ανταλλαγής κάποιου οδηγού βηματικού κινητήρα με οδηγό κινητήρα συνεχούς ρεύματος χωρίς κάποια αλλαγή στο κεντρικό κύκλωμα παρά μόνο στον κώδικα του μικροελεγκτή. Το κεντρικό κύκλωμα διασύνδεσης περιλαμβάνει τους συνδετήρες και μια ασφάλεια για την τροφοδοσία του κυκλώματος. Στο Σχήμα 3.12, φαίνεται το σχηματικό διάγραμμα του κεντρικού κυκλώματος διασύνδεσης. Το τυπωμένο κύκλωμα που σχεδιάστηκε φαίνεται στο Παράρτημα της εργασίας (Εικόνα Παρ.5).



Σχήμα 3.12: Σχηματικό διάγραμμα κεντρικού κυκλώματος διασύνδεσης

Η λειτουργία ολόκληρου του κυκλώματος σκόπευσης στηρίζεται στο κύκλωμα ελέγχου οδηγών. Όπως προαναφέρθηκε, το κύκλωμα ελέγχου των οδηγών περιέχει τον μικροελεγκτή ο οποίος επικοινωνεί με τον Η/Υ. Ανάλογα με την εντολή που στέλνει ο χρήστης στον μικροελεγκτή, αυτός στέλνει τα τρία σήματα ελέγχου (HALF/FULL ή BRAKE, CLOCK ή PWM και DIRECTION) στο αντίστοιχο κύκλωμα οδήγησης κινητήρα. Η κάθε μια πόρτα του μικροελεγκτή συνδέεται μέσω μίας κεντρικής πλακέτας σε έναν οδηγό κινητήρα. Έτσι, ανάλογα με την εντολή κίνησης του εικονολήπτη, τα σήματα ελέγχου θα ελέγξουν έναν συγκεκριμένο οδηγό μέσω της πόρτας που έχει αφιερωθεί για αυτόν. Στην συνέχεια, ο οδηγός αυτός, είτε είναι οδηγός βηματικού κινητήρα είτε είναι οδηγός κινητήρα συνεχούς ρεύματος, θα οδηγήσει τον κινητήρα του σύμφωνα με τα σήματα ελέγχου που έχει δεχθεί. Ανάλογα με το σήμα ενεργοποίησης και τον τρόπο λειτουργίας ενεργοποιεί και οδηγεί τον κινητήρα (εάν είναι βηματικός) σε λειτουργία μισού ή ολόκληρου βήματος. Ανάλογα με το σήμα χρονισμού καθορίζει την ταχύτητα λειτουργίας του κινητήρα και ανάλογα με το σήμα κατεύθυνσης κίνησης καθορίζει τη φορά περιστροφής του άξονα του κινητήρα.

Έτσι καταφέρνουμε να έχουμε τον έλεγχο της κίνησης του τραπέζιού μέσω του Η/Υ. Σημαντικό ρόλο σε όλο το σύστημα σκόπευσης έπαιξαν οι μηχανικές κατασκευές γιατί από αυτές μετατρέπεται η κίνηση των κινητήρων σε κίνηση του εικονολήπτη και του αισθητήρα θερμοκρασίας. Η χρησιμότητα της κατασκευής αυτής είναι να μπορεί ο χρήστης, μέσω του ασύρματου δικτύου Η/Υ, να κινήσει τον εικονολήπτη προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση της επιλογής του ώστε να έχει την εικόνα του περιβάλλοντα χώρου που επιθυμεί.

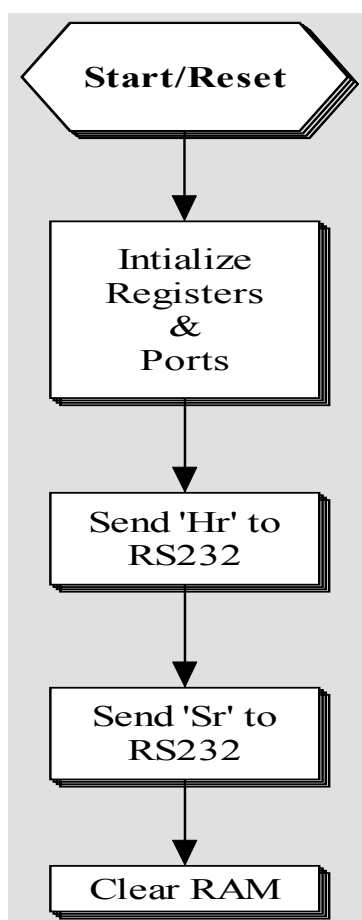
3.4. Πρόγραμμα Εφαρμογής

Το πρόγραμμα που γράφτηκε για τη συγκεκριμένη εφαρμογή, γράφτηκε σε γλώσσα προγραμματισμού Assembly από τον κ. Μανόλη Βαρδάκη, εργαζόμενο στο εργαστήριο ΔΟΜΗΣ ΤΗΣ ΥΛΗΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΗΣ LASER του Πολυτεχνείου Κρήτης και υπεύθυνο υλοποίησης του έργου «Forecast Fires. Το πρόγραμμα αυτό προσαρμόστηκε στις ανάγκες της παρούσας εργασίας για τη σκόπευση του εικονολήπτη και του αισθητήρα θερμοκρασίας.

Όπως προαναφέρθηκε, χρησιμοποιήθηκε ο μικροελεγκτής AT90S8515. Τα χαρακτηριστικά και το ρεπερτόριο των εντολών που υποστηρίζει αναφέρονται στα φύλλα δεδομένων που περιλαμβάνονται στο συνοδευτικό CD ROM.

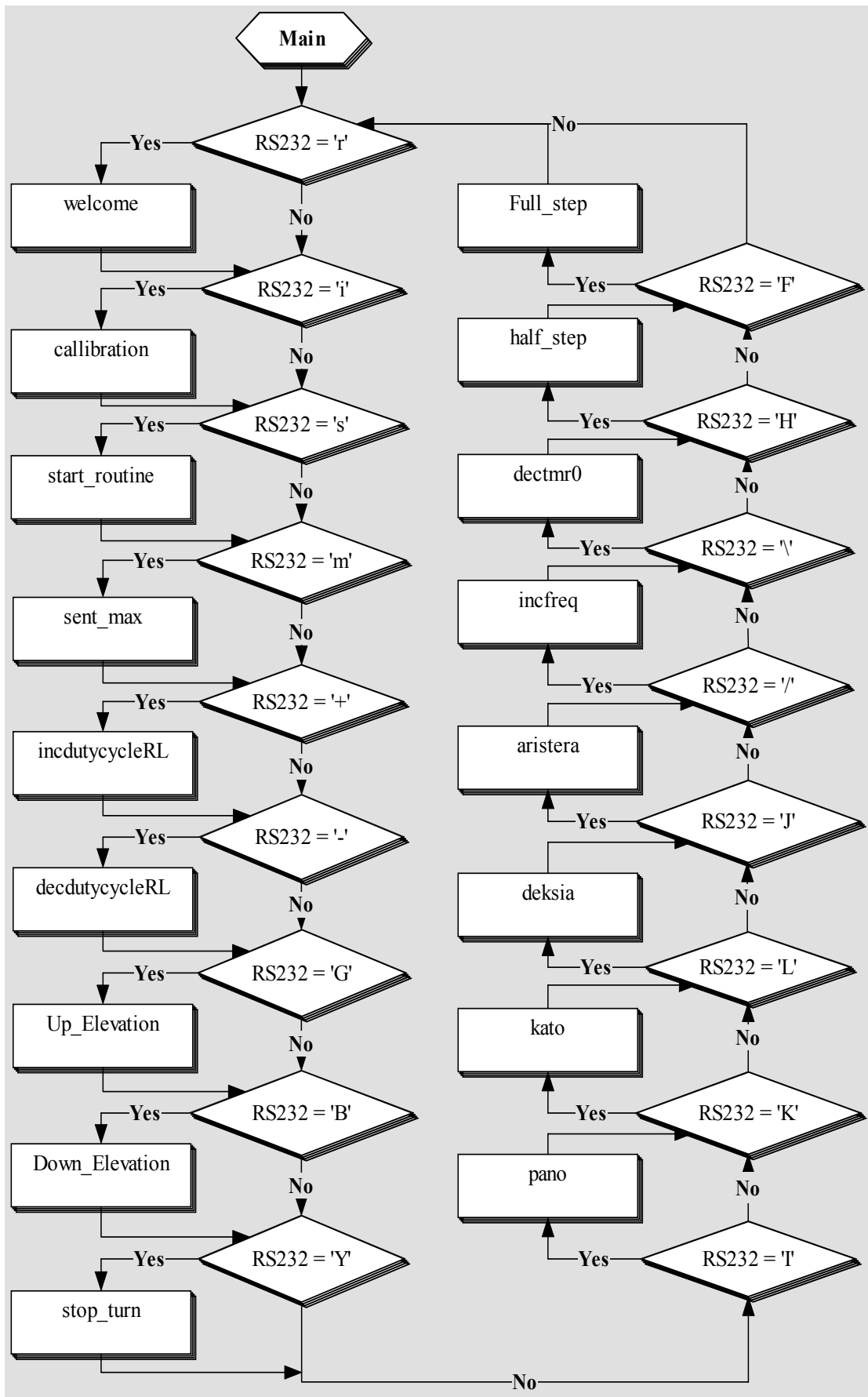
Για την επικοινωνία του Η/Υ με τον μικροελεγκτή χρησιμοποιείται ένα πρόγραμμα τερματικού. Αυτό είναι γραμμένο σε γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic 6.0.

Κατά την ενεργοποίηση του κυκλώματος και αφού επιτευχθεί η επικοινωνία μεταξύ του Η/Υ και του μικροελεγκτή, εμφανίζεται στο τερματικό του χρήστη το μήνυμα 'Hr' και 'Sr'. Αυτό υποδηλώνει ότι η επικοινωνία μεταξύ του Η/Υ και του μικροελεγκτή διεξάγεται σωστά. Γίνονται οι απαραίτητες αρχικοποιήσεις και επίσης γίνεται καθαρισμός της μνήμης RAM του μικροελεγκτή. Παρακάτω φαίνεται το Διάγραμμα ροής **Start / Reset** που αντιστοιχεί στο αρχικό τμήμα του προγράμματος.



Σχήμα 3.13: Διάγραμμα ροής **Start / Reset**

Μπαίνοντας στο κυρίως πρόγραμμα γίνεται συνεχώς έλεγχος των χαρακτήρων που δέχεται από την σειριακή θύρα και περιμένει να λάβει κάποιο χαρακτήρα από τον χρήστη που να αντιστοιχεί σε κάποια ρουτίνα εξυπηρέτησης. Ακολουθεί το Διάγραμμα ροής **Main** που αντιστοιχεί στην βασική ρουτίνα του κώδικα και η επεξήγηση των λειτουργιών της κάθε ρουτίνας εξυπηρέτησης.



Σχήμα 3.14: Διάγραμμα ροής Main

Πίνακας 3.3: Λειτουργία μικροελεγκτή για κάθε μια ρουτίνα εξυπηρέτησης

Χαρακτήρας από RS232	Ρουτίνα Εξυπηρέτησης	Λειτουργία Μικροελεγκτή
r	welcome	απαντάει στον Η/Υ στέλνοντας τον χαρακτήρα 'r' και έτσι επιβεβαιώνει τη σωστή επικοινωνία με αυτόν
i	calibration	εκτελεί αρχικοποίηση στους κινητήρες του συστήματος και υπολογίζει τα μοναδιαία συνολικά βήματα
s	start_routine	περιμένει να λάβει από το χρήστη την ακριβή θέση που θα κινηθεί ο κινητήρας και στη συνέχεια κινεί το κινητήρα προς αυτήν
m	sent_max	επιστρέφει στο χρήστη τα συνολικά βήματα που εκτελεί κάθε κινητήρας (βηματικός) για να φθάσει από το ένα άκρο στο άλλο
+	incdutycycleRL	αυξάνει τον κύκλο καθήκοντος του σήματος του PWM και έτσι επιτυγχάνεται αύξηση της ταχύτητας του κινητήρα συνεχούς ρεύματος
-	decdutycycleRL	μειώνει τον κύκλο καθήκοντος του σήματος του PWM και έτσι επιτυγχάνεται μείωση της ταχύτητας του κινητήρα συνεχούς ρεύματος
G	Up_Elevation	εκκινεί τον κινητήρα (συνεχούς ρεύματος) για την κίνηση της κεραίας ανύψωσης προς τα επάνω
B	Down_Elevation	εκκινεί τον κινητήρα (συνεχούς ρεύματος) για τη κίνηση της κεραίας ανύψωσης προς τα κάτω
Y	stop_turn	σταματάει τον κινητήρα (συνεχούς ρεύματος) για τη κίνηση της κεραίας ανύψωσης
I	pano	εκκινεί τον κινητήρα (βηματικό) για την κίνηση του τραπεζιού προς τα επάνω
K	kato	εκκινεί τον κινητήρα (βηματικό) για την κίνηση του τραπεζιού προς τα κάτω

L	deksia	εκκινεί τον κινητήρα (βηματικό) για την κίνηση του τραπέζιου προς τα δεξιά
J	aristera	εκκινεί τον κινητήρα (βηματικό) για την κίνηση του τραπέζιου προς τα αριστερά
/	incfreq	αυξάνει τη συχνότητα του σήματος του PWM και έτσι επιτυγχάνεται αύξηση της ταχύτητας του βηματικού κινητήρα
\	dectmr0	μειώνει τη συχνότητα του σήματος του PWM και έτσι επιτυγχάνεται μείωση της ταχύτητας του βηματικού κινητήρα
H	half_step	εκτελεί μισό βήμα στην κίνηση του βηματικού κινητήρα
F	Full_step	εκτελεί ολόκληρο βήμα στην κίνηση του βηματικού κινητήρα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΤΗΛΕΧΕΙΡΙΣΜΟΣ ΕΙΚΟΝΟΛΗΠΤΗ

4. Γενικά

Πέρα από την σκόπευση που αναφέραμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, μας ενδιαφέρει να μπορούμε να έχουμε τον έλεγχο λειτουργιών του εικονολήπτη (video camera). Να μπορούμε να τον ενεργοποιήσουμε, να εστιάσουμε αλλά και να κάνουμε ό,τι άλλες λειτουργίες διαθέτει. Όλα αυτά βέβαια, πάντα από απόσταση. Οι επιλογές που είχαμε για να ελέγχουμε τις λειτουργίες του εικονολήπτη ήταν δύο:

- να επέμβουμε στο εσωτερικό του προσθέτοντας κάποια ηλεκτρονικά κυκλώματα ή
- να κάνουμε τον έλεγχο με τη χρήση του τηλεχειριστηρίου υπερύθρων.

Επιλέχθηκε ο δεύτερος τρόπος που καθιστά το σύστημα πιο ευέλικτο. Δηλαδή σε περίπτωση αλλαγής του εικονολήπτη να υπάρχει η δυνατότητα της εύκολης προσαρμογής του στο υπόλοιπο σύστημα, χωρίς καμία ιδιαίτερη αλλαγή. Έτσι χρησιμοποιώντας το ενδιάμεσο κύκλωμα τηλεχειρισμού που υλοποιήθηκε ειδικά για το σκοπό αυτό, καταφέραμε να αποκωδικοποιήσουμε τα σήματα που στέλνει το τηλεχειριστήριο υπερύθρων, να τα αποθηκεύσουμε και στη συνέχεια να κάνουμε την επανεκπομπή των σημάτων αυτών. Στο κεφάλαιο αυτό, γίνεται αναφορά στους κώδικες τηλεχειρισμού με υπέρυθρες ακτίνες που χρησιμοποιούνται από διάφορους κατασκευαστές, περιγράφεται το ηλεκτρονικό κύκλωμα τηλεχειρισμού που κατασκευάστηκε και αναλύεται ο κώδικας που γράφτηκε για την συγκεκριμένη εφαρμογή. Στην Εικόνα 4.1, φαίνεται ο εικονολήπτης με το τηλεχειριστήριο υπερύθρων και το ενδιάμεσο κύκλωμα τηλεχειρισμού.



Εικόνα 4.1: Εικονολήπτης με το τηλεχειριστήριό του και το ενδιάμεσο κύκλωμα τηλεχειρισμού

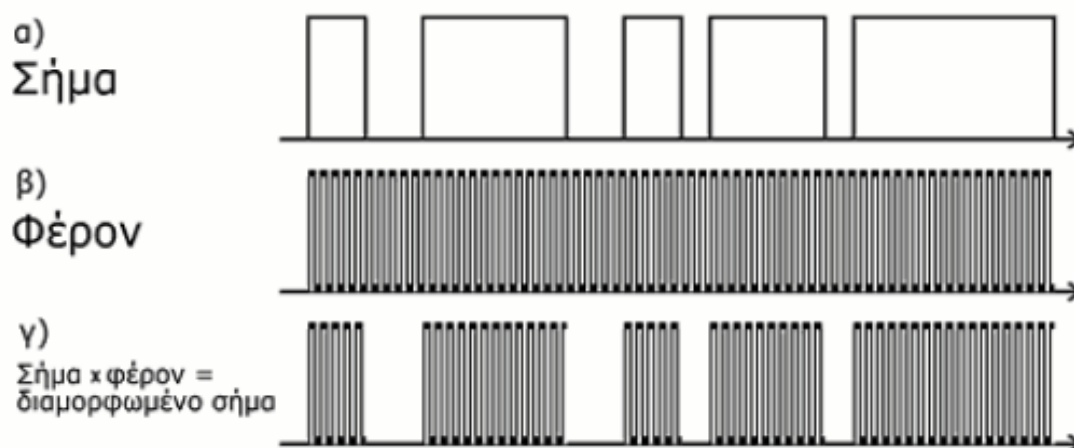
4.1. Κώδικες Υπερύθρων Τηλεχειριστηρίων

Στις μέρες μας είναι σχεδόν αδύνατο να προμηθευτεί κανείς ηλεκτρονική συσκευή που να μην διαθέτει τηλεχειριστήριο υπέρυθρων. Η χρησιμότητά του είναι αδιαμφισβήτητη. Τα πρώτα τηλεχειριστήρια, που εμφανίστηκαν το 1975, χρησιμοποιούσαν υπερηχητικά σήματα αλλά αργότερα παραμερίστηκαν από τα τηλεχειριστήρια με υπέρυθρες ακτίνες. Πλεονεκτήματά τους είναι το χαμηλό κόστος, η ευρεία κλίμακα λειτουργίας και η ικανοποιητική ασφάλεια επικοινωνίας.

Μια προσεκτική ματιά στο εσωτερικό ενός συνηθισμένου τηλεχειριστηρίου δείχνει ότι αυτό αποτελείται κυρίως από ένα μόνο ολοκληρωμένο που μεταφράζει την πίεση κάθε πλήκτρου και στέλνει το αντίστοιχο κωδικοποιημένο σήμα δεδομένων στη δίοδο εκπομπής υπέρυθρων (IRED). Το σήμα χρονισμού του κυκλώματος δημιουργείται από έναν ταλαντωτή ο οποίος περιλαμβάνεται στο τηλεχειριστήριο. Στη συσκευή που ελέγχεται υπάρχει ένας ανιχνευτής υπέρυθρων και ένας αποδιαμορφωτής οι οποίοι συνήθως συνυπάρχουν στο ίδιο ολοκληρωμένο κύκλωμα.

Για παράδειγμα, το ολοκληρωμένο κύκλωμα SFH505-xx ή TSOP17xx, περιλαμβάνει το δέκτη, τον αποδιαμορφωτή κι έναν οδηγό εξόδου ώστε τα λαμβανόμενα δεδομένα να μπορούν να οδηγηθούν απευθείας σε ένα μικροελεγκτή ή έναν αποκωδικοποιητή. Δυστυχώς όμως τα πρωτόκολλα ελέγχου που χρησιμοποιούνται από τους διάφορους μικροεπεξεργαστές δεν είναι συμβατά μεταξύ τους.

Το σήμα υπέρυθρων που εκπέμπει το τηλεχειριστήριο υπόκειται σε παρεμβολές από άλλες πηγές υπέρυθρων κυμάτων, όπως συσκευές θέρμανσης και λάμπες φθορισμού. Η πιο συνηθισμένη μέθοδος απόρριψης παρεμβολών είναι η διαμόρφωση κάθε εκπεμπόμενου bit με ένα σταθερό φέρον στην περιοχή από 30 μέχρι 40 KHz. Στο Σχήμα 4.1, φαίνεται παραστατικά η μέθοδος της διαμόρφωσης της υπέρυθρης ακτινοβολίας.



Σχήμα 4.1: Διαμόρφωση κάθε εκπεμπόμενου bit με ένα φέρον

Μια άλλη μέθοδος είναι ο ονομαζόμενος τρόπος λειτουργίας flash. Η πλειοψηφία των ελεγκτών τηλεχειρισμού χρησιμοποιεί την τεχνική διαμόρφωσης. Οι δέκτες υπέρυθρων που κυκλοφορούν στο εμπόριο σχεδιάζονται ειδικά για λήψη σήματος διαμορφωμένου σε μία συχνότητα των 36, 38 ή 40 KHz. Μπορούν όμως να ανιχνεύσουν και οποιαδήποτε από τις άλλες συχνότητες με μικρότερη όμως ευαισθησία. Η έξοδος του δέκτη υπέρυθρων αποκτά χαμηλό δυναμικό όταν ανιχνευθεί διαμορφωμένο σήμα. Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι ο κατασκευαστής κάθε συσκευής έχει την δυνατότητα να επιλέξει ελεύθερα την συχνότητα χρονοισμού του πομπού. Πολλές εταιρίες έχουν αναπτύξει τα δικά τους πρωτόκολλα ελέγχου, είτε για να περιορίσουν το κόστος είτε για να συμπεριλάβουν

διαφορετικά χαρακτηριστικά ελέγχου τα οποία δε συνυπάρχουν στα υπάρχοντα πρότυπα. Για παράδειγμα, όποιος θέλει να χρησιμοποιήσει έναν προγραμματιζόμενο μικροελεγκτή για κωδικοποίηση και αποκωδικοποίηση έχει την ελευθερία να αναπτύξει το δικό του πρωτόκολλο που ταιριάζει περισσότερο στο υλικό και στο λογισμικό που διαθέτει. Με τη μέθοδο αυτή, οι κατασκευαστές δε χρειάζεται να πληρώνουν άδειες χρήσης ούτε να ανησυχούν μήπως καταπατήσουν ευρεσιτεχνίες άλλων. Στην αγορά υπάρχουν τηλεχειριστήρια υπερύθρων τα οποία εκπέμπουν το μήνυμα πολλές φορές με διαφορετική μορφοποίηση, δηλαδή ο ελεγκτής στέλνει αρχικά μια εντολή χρησιμοποιώντας τον ιαπωνικό κώδικα και 50 ms αργότερα την ίδια με το κώδικα RC5. Πλεονέκτημά τους είναι ότι με αυτά ο κατασκευαστής δε χρειάζεται να περιμένει τον κατασκευαστή ολοκληρωμένων να σχεδιάσει ένα μικροελεγκτή που θα χρησιμοποιεί το συγκεκριμένο πρότυπο υπερύθρων. Ακόμα, είναι δυνατή η επιλογή των καλύτερων ή ακόμα και των φτηνότερων ελεγκτών ενώ παράλληλα υπάρχει η βεβαιότητα ότι το τηλεχειριστήριο υπερύθρων θα παράγει συμβατά σήματα ελέγχου. Συνεπώς, τίθεται το δίλημμα ποιος κατασκευαστής και ποιο σύστημα κωδικοποίησης πρέπει να επιλεγεί. Παρακάτω, περιγράφονται μερικά από τα πιο δημοφιλή πρότυπα υπερύθρων που χρησιμοποιούνται σήμερα.

✓ **Κώδικας RC5**

Ο κώδικας RC5 είναι η πιο δημοφιλής μέθοδος κωδικοποίησης για έλεγχο με υπέρυθρες ακτίνες στην Ευρώπη. Αναπτύχθηκε από την Philips και περιλαμβάνει 2048 διαφορετικές εντολές, οργανωμένες σε 32 ομάδες διεύθυνσεων με 64 εντολές κάθε μια. Κάθε κομμάτι εξοπλισμού έχει την δική του διεύθυνση. Έτσι, η ρύθμιση της έντασης του ηχητικού συστήματος δεν επηρεάζει τη στάθμη ήχου του τηλεοπτικού σας δέκτη. Ένα πλήρες μήνυμα έχει μήκος 14 bit και πιο συγκεκριμένα αποτελείται από τα εξής:

- 2 bit εκκίνησης (start bit) για το έλεγχο των σταθμών AGC (Automatic Gain Control, αυτόματος έλεγχος ενίσχυσης) του δέκτη
- 1 toggle bit που φανερώνει την πίεση ενός πλήκτρου
- 5 bit διεύθυνσης συστήματος
- 6 bit εντολών

Το toggle bit αλλάζει τιμή κάθε φορά που πιέζεται ένα άλλο πλήκτρο και χρησιμοποιείται για να δηλώσει τη διαφορά μεταξύ της επαναπληκτρολόγησης και της διαρκούς πίεσης ενός πλήκτρου. Ακολουθούν τα πέντε bit διεύθυνσης τα οποία

δηλώνουν την υπό έλεγχο συσκευή του εξοπλισμού. Τέλος, τα έξι bits εντολών περιέχουν την πληροφορία ελέγχου.

Ο κώδικας RC5 αποτελεί ίσως το καλύτερο πρωτόκολλο ελέγχου υπέρυθρων ακτίνων. Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι δύο ελεύθερες διευθύνσεις συστήματος 7 και 13 που δεν έχουν καταχωρηθεί σε κάποιον τύπο εξοπλισμού αλλά έχουν δεσμευτεί για πειραματικούς σκοπούς. Τα πιο συνηθισμένα ολοκληρωμένα που χρησιμοποιούν την κωδικοποίηση RC5 είναι:

Πομπός:

SAA3006, SAA3010 (Philips)

HT6230 (Holtek)

Δέκτης:

SAA3009, SAA3049 (Philips)

✓ **SIRCS/ Κώδικας ελέγχου S**

Ένα κωδικοποιημένο μήνυμα που χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο SIRCS ή CNTRL S της Sony αποτελείται από 12 μέχρι 20 bits. Από αυτά, τα 5-13 δηλώνουν το πεδίο διεύθυνσης και 7 τον κώδικα πλήκτρου. Το μήνυμα ξεκινά με ένα bit εκκίνησης (2.4 ms) και ακολουθεί ένα διάστημα χαμηλού δυναμικού διάρκειας 0.6 ms ή μια παύση. Μετά ακολουθούν τα δεδομένα. Το '1' παριστάνεται από δύο συνεχόμενους παλμούς, έναν υψηλού δυναμικού διάρκειας 1.2 ms και έναν χαμηλού δυναμικού διάρκειας 0.6 ms ή μια παύση. Το '0' αντιστοιχεί σε έναν παλμό υψηλού δυναμικού διάρκειας 0.6 ms, ο οποίος ακολουθείται από έναν άλλο χαμηλού δυναμικού διάρκειας 0.6 ms. Η κωδικοποίηση μηνύματος SIRCS είναι ίδια με την CNTRL S με τη διαφορά ότι η πρώτη διαμορφώνει τον κώδικα με σήμα 40 KHz το οποίο είναι έτοιμο για αποστολή με μια δίοδο υπέρυθρων. Τα πιο συνηθισμένα ολοκληρωμένα που χρησιμοποιούν την κωδικοποίηση SIRCS ή CNTRL S είναι:

Πομπός:

KIE RA275 S42 (Sony)

Δέκτης:

TFMS5360 (Sony)

✓ **Κώδικας RECS80**

Στον κώδικα RECS80 της Philips χρησιμοποιείται μια τεχνική διαμόρφωσης θέσης παλμού. Σε αυτό το σύστημα, μετά από έναν παλμό φωτός σταθερής διάρκειας ακολουθεί ένα διάστημα μεταβλητής διάρκειας. Η διάρκεια του κάθε διαστήματος αναπαριστά τα δεδομένα. Υπάρχουν 1280 δυνατοί κώδικες οι οποίοι χωρίζονται σε 64 εντολές για 20 διαφορετικούς τύπους εξοπλισμού όπως η τηλεόραση ή το βίντεο. Το μήνυμα αποτελείται από 11 bits. Μετά από τα δύο πρώτα toggle bits, ακολουθούν τα τρία bits διεύθυνσης υποσυστήματος και τα έξι δεδομένων, τα οποία αντιστοιχούν στο πλήκτρο που έχει πιεστεί. Τα toggle bits αυξάνονται, στην περίπτωση που ελευθερωθεί το πλήκτρο μετά από ένα ελάχιστο χρόνο, αλλά παραμένουν αμετάβλητα σε μια πολλαπλή ακολουθία πίεσης πλήκτρων. Αν ο πομπός τεθεί σε διαμορφωμένο τρόπο λειτουργίας, το πρώτο toggle bit αντικαθίστανται από ένα bit REF σταθερής διάρκειας. Το πρωτόκολλο RECS80 κωδικοποιεί τα δεδομένα με διαστήματα μεταβλητής διάρκειας μεταξύ παλμών υψηλού δυναμικού σταθερής διάρκειας (140.8 μs). Το '0' αντιστοιχεί σε διάστημα διάρκειας 5.06 ms και το '1' σε 7.60 ms (που προέρχεται από το συντονιστή 455 KHz του πομπού τηλεχειρισμού). Παρόλο που το μήκος του πακέτου δεδομένων εξαρτάται από τις εντολές που στέλνονται, ο χρόνος μεταξύ δύο μηνυμάτων παραμένει σταθερός και είναι ίσος με 121 ms. Η συχνότητα διαμόρφωσης είναι 38 KHz. Μερικά από τα πιο συνηθισμένα ολοκληρωμένα που χρησιμοποιούν την κωδικοποίηση RECS80 είναι:

Πομπός:

SAA3004, SAA3007 και SAA3008 (Philips)

M3004, M3005, M3006 (ST Microelectronics)

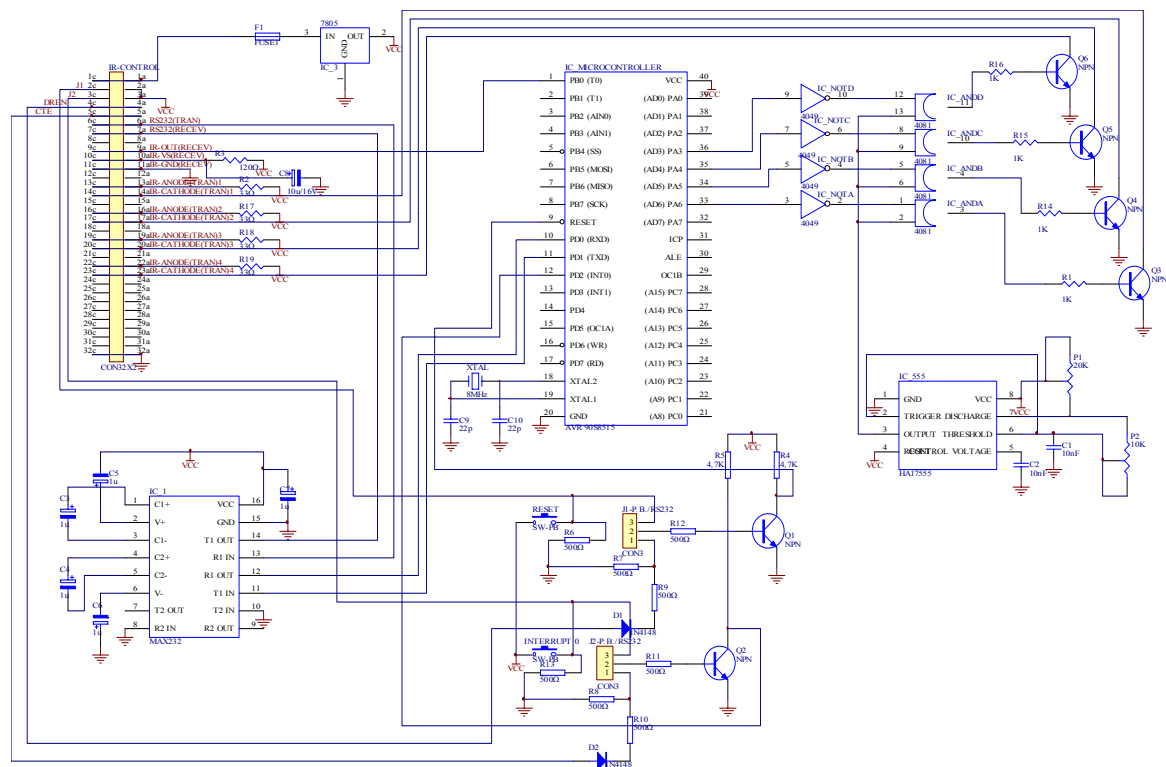
Δέκτης:

SAA3009, SAA3049 (Philips)

4.2. Κύκλωμα Τηλεχειρισμού

Το κύκλωμα τηλεχειρισμού που κατασκευάστηκε για την συγκεκριμένη εφαρμογή, σχεδιάστηκε έτσι ώστε να μπορεί να συνεργαστεί με οποιαδήποτε συσκευή, με οποιοδήποτε πρωτόκολλο επικοινωνίας υπερέθρων κι αν χρησιμοποιεί. Ακόμα, προβλέφθηκε να έχει επικοινωνία με Η/Υ και να μπορεί να αποθηκεύει κωδικούς για πέντε διαφορετικές λειτουργίες. Στο Σχήμα 4.2, φαίνεται το σχηματικό

διάγραμμα του κυκλώματος. Το τυπωμένο κύκλωμα παρατίθεται στο Παράρτημα της εργασίας (Εικόνα Παρ.4).



Σχήμα 4.2: Σχηματικό διάγραμμα του ενδιάμεσου κυκλώματος τηλεχειρισμού

Το κύκλωμα χωρίζεται σε τρεις βαθμίδες: τη βαθμίδα του δέκτη, τη βαθμίδα αποκωδικοποίησης/κωδικοποίησης και τη βαθμίδα του πομπού. Αναλυτικότερα:

➤ **Δέκτης**

Στην βαθμίδα του δέκτη ανήκει το TSOP1738. Το συγκεκριμένο ολοκληρωμένο κύκλωμα αποδιαμορφώνει τα σήματα υπερύθρων που δέχεται και τα εμφανίζει στην έξοδό του με την μορφή μιας σειράς παλμών. Τα φύλλα δεδομένων του TSOP17xx, περιλαμβάνονται στο συνοδευτικό CD ROM.

➤ **Αποκωδικοποιητής / Κωδικοποιητής**

Σε αυτήν την βαθμίδα που είναι και η καρδιά του κυκλώματος, χρησιμοποιήθηκε ο μικροελεγκτής AT90S8515 της οικογένειας AVR, της ATMEL. Επιπλέον σε αυτήν ανήκουν και κάποια περιφερειακά στοιχεία που εξασφαλίζουν την επικοινωνία με τον H/Y και προσθέτουν ευελιξία στο σύστημα. Συγκεκριμένα, το ολοκληρωμένο MAX232 μαζί με κάποια παθητικά στοιχεία, πραγματοποιεί την επικοινωνία με την σειριακή θύρα του H/Y. Κάποια από τα υπόλοιπα περιφερειακά στοιχεία του μικροελεγκτή πραγματοποιούν τις λειτουργίες της επανεκκίνησης (RESET) και της διακοπής (INTERRUPT). Από τις γέφυρες (J1, J2) που υπάρχουν μπορεί κανείς να επιλέξει τον τρόπο που θα πραγματοποιήσει την επανεκκίνηση και τη διακοπή του μικροελεγκτή. Δηλαδή, μπορεί κανείς να εκτελέσει αυτές τις λειτουργίες είτε με τη χρήση των πιεστικών πλήκτρων είτε μέσω της σειριακής θύρας του H/Y. Αν η γέφυρα J1 τοποθετηθεί μεταξύ των θέσεων 2 και 1, εκτελείται η επανεκκίνηση μέσω της σειριακής θύρας του H/Y. Αν πάλι τοποθετηθεί μεταξύ των θέσεων 2 και 3, εκτελείται η επανεκκίνηση μέσω των πλήκτρων. Αντίστοιχα, γίνεται και με τη γέφυρα J2 για να εκτελεστεί η διακοπή. Αυτές οι δύο λειτουργίες της επανεκκίνησης και της διακοπής είναι γνωστές σαν λειτουργίες μέσω υλικού (Hardware) και μέσω λογισμικού (Software). Τα φύλλα δεδομένων του AT90S8515 και του MAX232 περιλαμβάνονται στο συνοδευτικό CD ROM.

➤ **Πομπός**

Η βαθμίδα του πομπού αποτελείται από το ολοκληρωμένο 4049 που περιέχει έξι πύλες NOT, το ολοκληρωμένο 4081 που περιέχει τέσσερις πύλες AND, το ολοκληρωμένο 555 όπου χρησιμοποιείται σαν ταλαντωτής και τα τέσσερα IRED εκπομπής υπερέθρων, τα οποία οδηγούνται από τα τρανζίστορ Q3, Q4, Q5 και Q6. Η λειτουργία του κυκλώματος είναι αρκετά απλή. Η έξοδος του δέκτη υπερέθρων (TSOP1738) συνδέεται στο pin PB0 του μικροελεγκτή και έτσι το αποδιαμορφωμένο σήμα υπερέθρων λαμβάνεται και αποθηκεύεται στον μικροελεγκτή με τη βοήθεια του προγράμματος που αναλύεται σε επόμενη παράγραφο. Αφού γίνει η επιλογή του IPED που θα κάνει την εκπομπή, αποστέλλεται η παλμοσειρά που αποθηκεύτηκε στην είσοδο μιας πύλης NOT. Εκεί το σήμα αντιστρέφεται και οδηγείται στην μια είσοδο μιας πύλης AND. Στην άλλη είσοδο της πύλης αυτής, οδηγείται το σήμα από την έξοδο του ταλαντωτή (555). Τα ποτενσιόμετρα P1 και P2 στους ακροδέκτες του ολοκληρωμένου ρυθμίζουν τη συχνότητα και τον κύκλο καθήκοντος του

τετραγωνικού σήματος εξόδου του. Το σήμα στην έξοδο της πύλης AND είναι έτσι διαμορφωμένο κατά πλάτος. Δηλαδή, όταν υπάρχει '1' έχουμε στην έξοδο την συχνότητα ταλάντωσης (36, 38 ή 40 KHz) και όταν υπάρχει '0' δεν έχουμε κανένα σήμα στην έξοδο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να αναβοσβήνει το IRED και να εκπέμπει όσο υπάρχει φέρον στο σήμα. Το διαμορφωμένο σήμα οδηγείται στο IRED εκπομπής μέσω ενός τρανζίστορ (BC637).

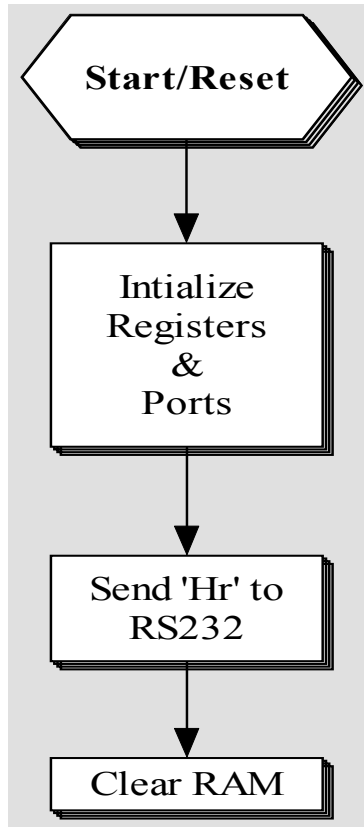
Έτσι επιτυγχάνεται ο τηλεχειρισμός του εικονολήπτη, όπως ακριβώς θα γινόταν και με το εργοστασιακό του τηλεχειριστήριο αλλά πλέον μέσω του H/Y. Αξίζει να αναφερθεί ότι στην αγορά δεν κυκλοφορεί κάτι αντίστοιχο. Κυκλοφορούν συσκευές για εφαρμογές σαν και αυτή αλλά είναι με λιγότερες δυνατότητες και χωρίς διασύνδεση με H/Y.

4.3. Πρόγραμμα Εφαρμογής

Το πρόγραμμα που γράφθηκε για τη συγκεκριμένη εφαρμογή, γράφθηκε σε γλώσσα προγραμματισμού Assembly. Όπως προαναφέρθηκε, χρησιμοποιήθηκε ο μικροελεγκτής AT90S8515 της οικογένειας AVR, της ATMEL. Τα χαρακτηριστικά και το ρεπερτόριο των εντολών που υποστηρίζει, περιλαμβάνονται στο συνοδευτικό CD ROM.

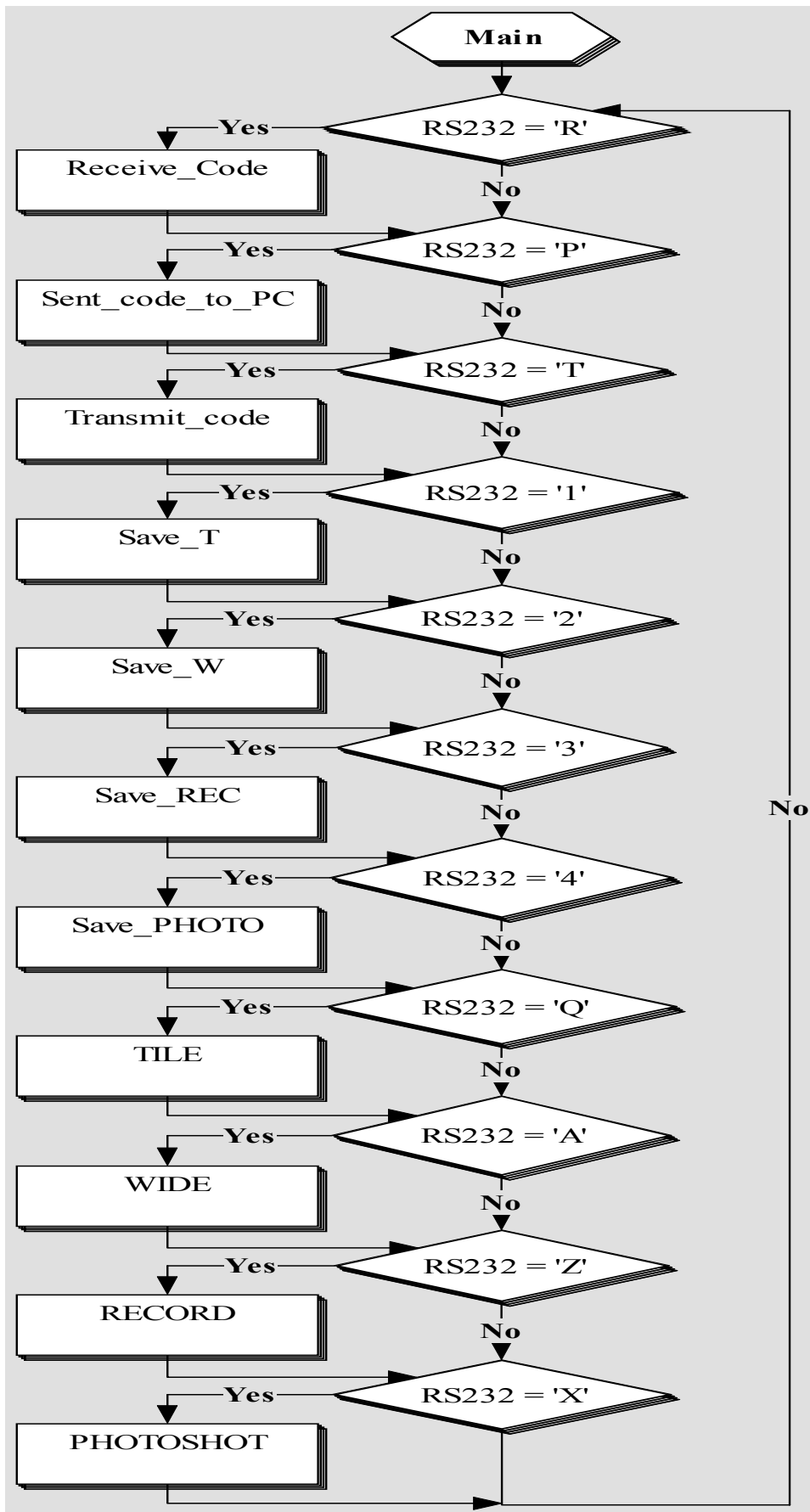
Ο χειρισμός του προγράμματος είναι αρκετά απλός για οποιονδήποτε χρήστη. Για την επικοινωνία του H/Y με τον μικροελεγκτή χρησιμοποιείται ένα πρόγραμμα τερματικού. Αυτό, είναι γραμμένο σε γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic.

Κατά την ενεργοποίηση του κυκλώματος και αφού επιτευχθεί η επικοινωνία μεταξύ του H/Y και του μικροελεγκτή, στο τερματικό του χρήστη εμφανίζεται το μήνυμα 'Hi'. Αυτό, υποδηλώνει ότι η επικοινωνία μεταξύ του H/Y και του μικροελεγκτή, διεξάγεται σωστά. Γίνονται οι απαραίτητες αρχικοποιήσεις και επίσης γίνεται καθαρισμός της μνήμης RAM του μικροελεγκτή. Παρακάτω, φαίνεται το Διάγραμμα ροής **Start / Reset** που αντιστοιχεί στο αρχικό τμήμα του προγράμματος.



Σχήμα 4.3: Διάγραμμα ροής **Start / Reset**

Μπαίνοντας στο κυρίως πρόγραμμα γίνεται συνεχώς έλεγχος των χαρακτήρων που δέχεται από την σειριακή θύρα και περιμένει να λάβει κάποιο χαρακτήρα από τον χρήστη που να αντιστοιχεί σε κάποια ρουτίνα εξυπηρέτησης. Ακολουθεί το Διάγραμμα ροής **Main** που αντιστοιχεί στην βασική ρουτίνα του κώδικα και η επεξήγηση των λειτουργιών της κάθε ρουτίνας εξυπηρέτησης.



Σχήμα 4.4: Διάγραμμα ροής Main

Πίνακας 4.1: Λειτουργία μικροελεγκτή για κάθε μια ρουτίνα εξυπηρέτησης

Χαρακτήρας από RS232	Ρουτίνα Εξυπηρέτησης	Λειτουργία Μικροελεγκτή
R	Receive_Code	λαμβάνει την παλμοσειρά που στέλνει ο δέκτης υπερύθρων μέσω του ακροδέκτη PB0 και αποθηκεύει τις χαρακτηριστικές χρονικές στιγμές αυτής στη RAM
P	sent_code_to_PC	στέλνει σειριακά τις τιμές που έχουν αποθηκευθεί στη RAM, στον H/Y
T	Transmit_code	κάνει αποστολή των τιμών που έχουν αποθηκευθεί στην RAM, σαν παλμοσειρά μέσω του ακροδέκτη PA6
1	save_T	αποθηκεύει τις τιμές που υπάρχουν στην RAM, στις θέσεις 0002 μέχρι 0102 της EEPROM
2	save_W	αποθηκεύει τις τιμές που υπάρχουν στην RAM, στις θέσεις 0104 μέχρι 0204 της EEPROM
3	save_REC	αποθηκεύει τις τιμές που υπάρχουν στην RAM, στις θέσεις 0206 μέχρι 0306 της EEPROM
4	save_PHOTO	αποθηκεύει τις τιμές που υπάρχουν στην RAM, στις θέσεις 0308 μέχρι 0408 της EEPROM
Q	TILE	κάνει αποστολή των τιμών που έχουν αποθηκευθεί στις θέσεις 0002 μέχρι 0102 της EEPROM, σαν παλμοσειρά μέσω του ακροδέκτη PA6 (πρακτικά Zoom In)
A	WIDE	κάνει αποστολή των τιμών που έχουν αποθηκευθεί στις θέσεις 0104 μέχρι 0204 της EEPROM, σαν παλμοσειρά μέσω του ακροδέκτη PA6 (πρακτικά Zoom Out)

Z	RECORD	κάνει αποστολή των τιμών που έχουν αποθηκευθεί στις θέσεις 0206 μέχρι 0306 της EEPROM, σαν παλμοσειρά μέσω του ακροδέκτη PA6 (πρακτικά Record)
X	PHOTOSHOT	κάνει αποστολή των τιμών που έχουν αποθηκευθεί στις θέσεις 0308 μέχρι 0408 της EEPROM, σαν παλμοσειρά μέσω του ακροδέκτη PA6 (πρακτικά Photoshot)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΒΙΒΛΙΑ

- ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΕΛΑΧΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (Δεύτερη Έκδοση)
ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ
ΝΙΚΟΣ Ι. ΜΑΡΓΑΡΗΣ
- Προγραμματίζοντας τον Μικροελεγκτή AVR
ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ
DHANANJAY V. GADRE
- Open - Source Robotics and Process Control Cookbook
ΕΚΔΟΣΕΙΣ Newnes
LEWIN A. R. W. EDWARDS
- Sensors and Transducers
ΕΚΔΟΣΕΙΣ Newnes
IAN SINCLAIR

ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ

- ΕΛΕΚΤΟΡ (Απρίλιος 2001)
- ΕΛΕΚΤΟΡ (Δεκέμβριος 2003)
- RAM (Μάιος 2002)

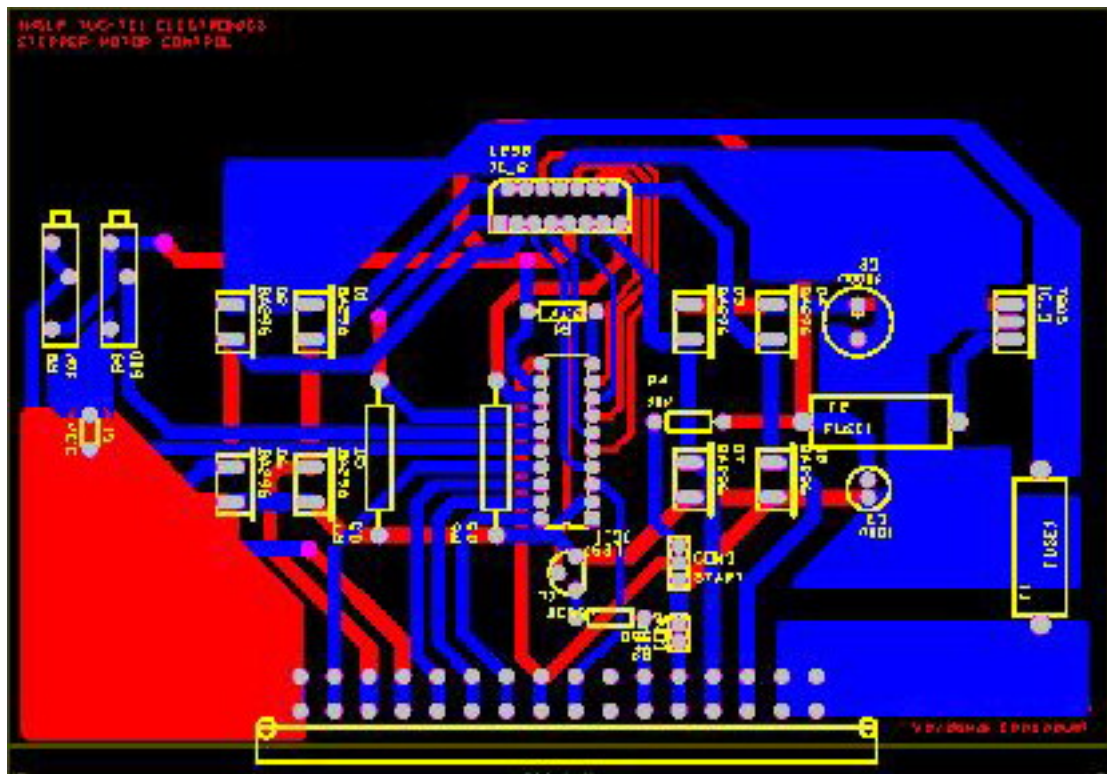
ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

- ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ
Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ - ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ
ΑΝΤΩΝΗΣ ΜΑΝΙΤΗΣ

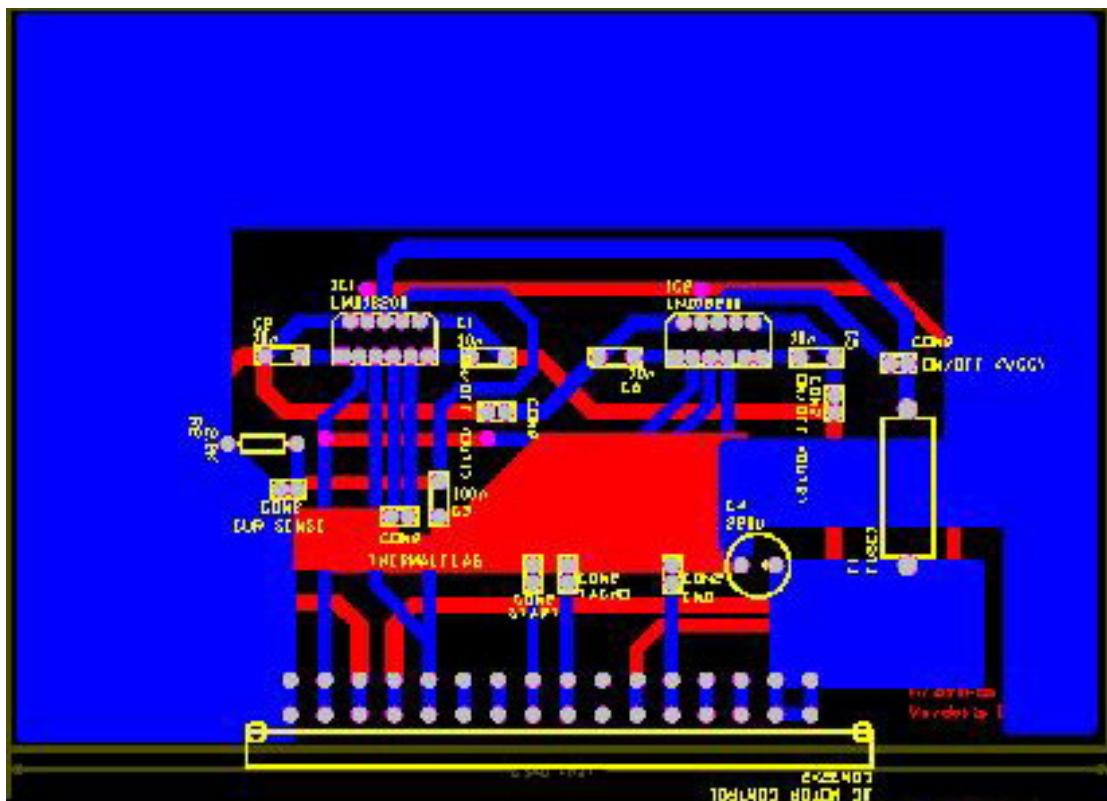
ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

- <http://www.atmel.com>
- <http://www.elektor.gr>
- <http://www.science.tuc.gr/phy.html>
- <http://www.pysoft.com> (Active Web Cam 5.5)
- <http://www.netop.com> (NetOp Remote Control)
- <http://www.dataq.com> (WINDAQ Acquisition & Waveform Browser)

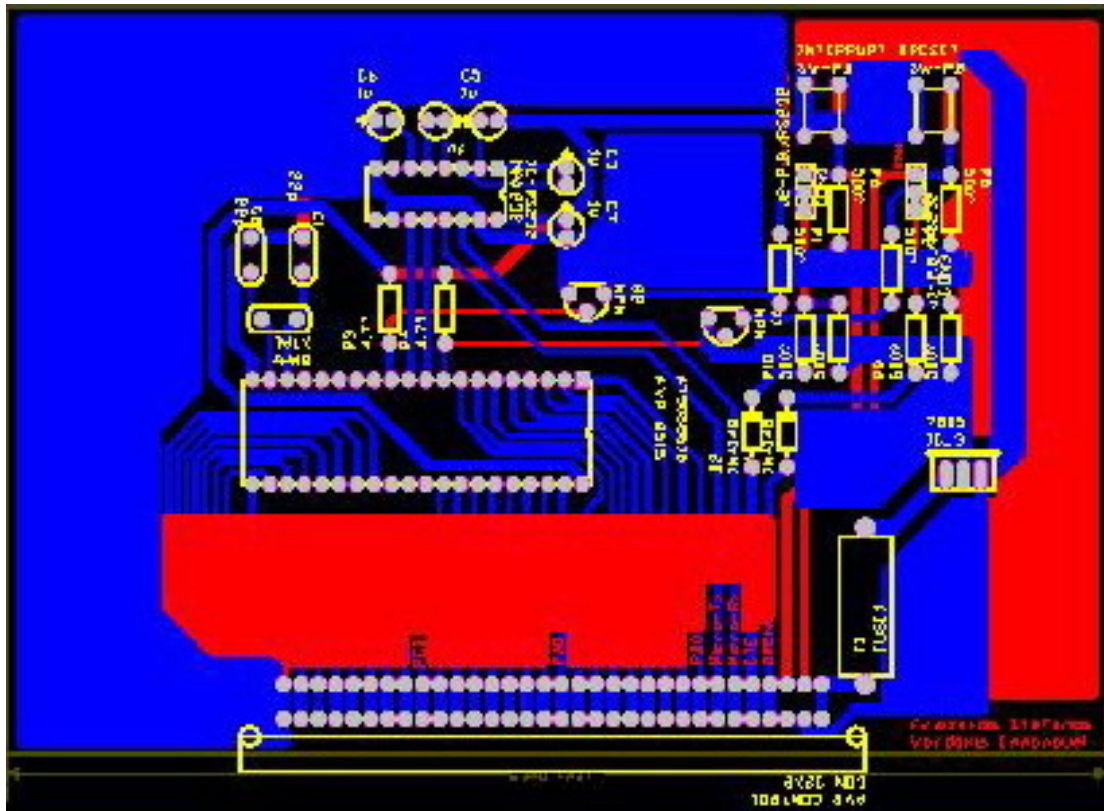
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



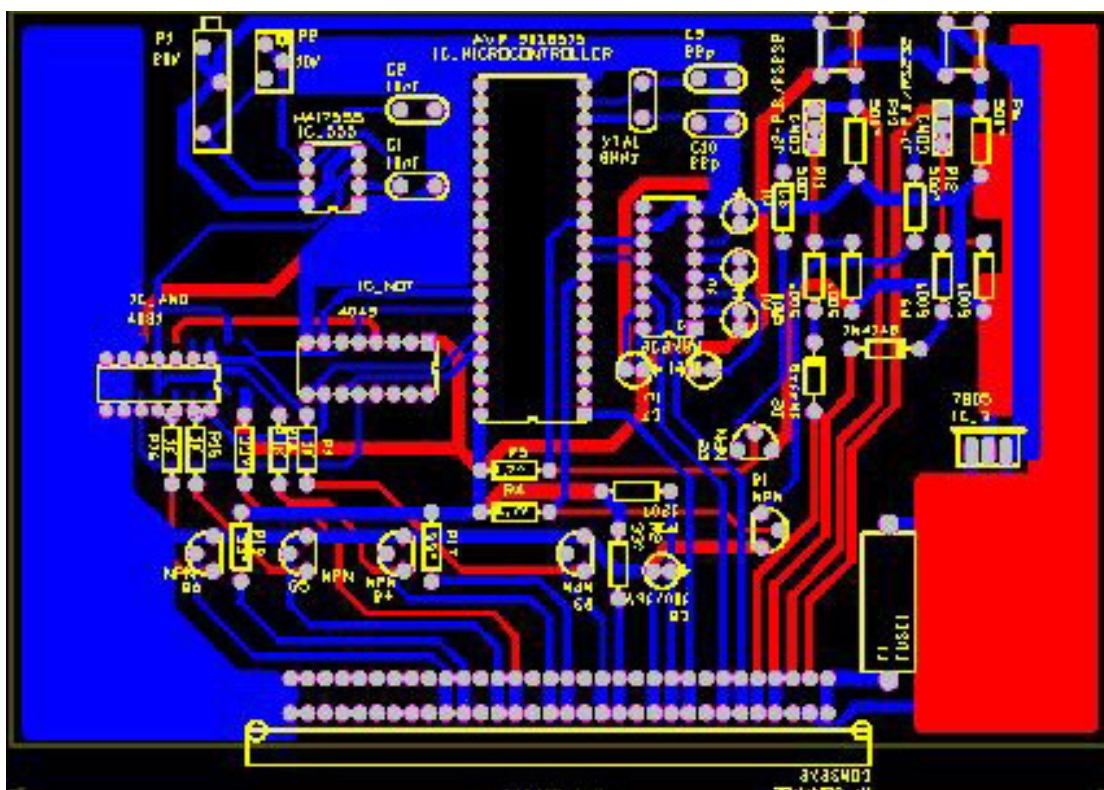
Εικόνα Παρ.1: Τυπωμένο κύκλωμα οδήγησης βηματικού κινητήρα



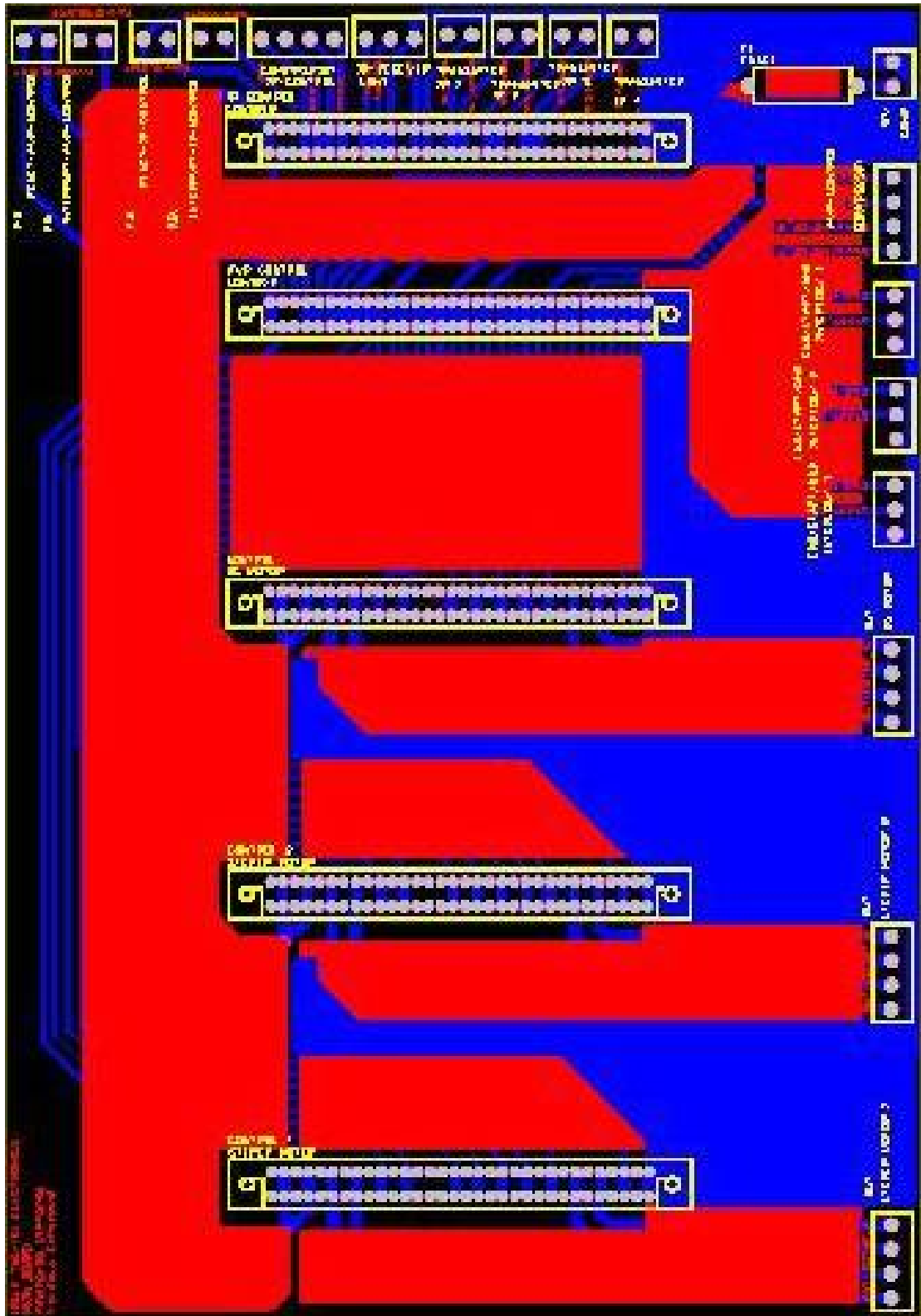
Εικόνα Παρ.2: Τυπωμένο κύκλωμα οδήγησης κινητήρα συνεχούς ρεύματος



Εικόνα Παρ.3: Τυπωμένο κύκλωμα ελέγχου οδηγών κινητήρων



Εικόνα Παρ.4: Τυπωμένο κύκλωμα τηλεχειρισμού



Εικόνα Παρ.5: Τυπωμένο κεντρικό κύκλωμα διασύνδεσης