

**ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ Τ.Τ.
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ Τ.Ε.**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ανάπτυξη συστήματος ελέγχου εναέριας κάμερας

**Γιώργος Λουράντος
Άλφρεντ Ζώτο**

Εισηγητές:

**Σταμάτης Αλατσαθιανός, Καθηγητής
Πάρις Μαστοροκώστας, Καθηγητής**

**ΑΘΗΝΑ
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2017**

Ανάπτυξη συστήματος ελέγχου εναέριας κάμερας

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Ανάπτυξη συστήματος ελέγχου εναέριας κάμερας
Γιώργος Λουράντος Α.Μ 39576
Άλφρεντ Ζώτο Α.Μ 39198**

Εισηγητές:

**Σταμάτης Αλατσαθιανος, Καθηγητής
Πάρις Μαστοροκώστας, Καθηγητής**

Εξεταστική Επιτροπή:

Ημερομηνία εξέτασης 13/10/2017

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι ΖΩΤΟ ΑΛΦΡΕΝΤ, του Ρόμπερτ, με αριθμό μητρώου 39198 και ΓΙΩΡΓΟΣ ΛΟΥΡΑΝΤΟΣ του Μιχαήλ με αριθμο μητρώου 39574 φοιτητές του Τμήματος Μηχανικών Η/Υ Συστημάτων Τ.Ε. του Α.Ε.Ι. Πειραιά Τ.Τ. και πριν αναλάβουμε την εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μας, δηλώνουμε ότι ενημερωθήκαμε για τα παρακάτω:

«Η Πτυχιακή Εργασία (Π.Ε.) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε., ο οποίος φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα σε περίπτωση που το Ίδρυμα του έχει απονεμίσει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφασης της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση της Π.Ε. με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε. πρέπει να ολοκληρωθεί εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού 6μήνου από την ημερομηνία ανάθεσης της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα προβλεπόμενα στο άρθρο 18, παρ. 5 του ισχύοντος Εσωτερικού Κανονισμού.»

Ανάπτυξη συστήματος ελέγχου εναέριας κάμερας

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ολοκληρώθηκε μετά από επίμονες προσπάθειες, σε ένα ενδιαφέρον γνωστικό αντικείμενο, όπως αυτό της ρομποτικής. Την προσπάθειά μας αυτή υποστήριξαν οι επιβλέπων καθηγητές μας, κ. Σταμάτης Αλατσαθιανός και κ. Πάρις Μαστοροκώστας τους οποίους θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε.

Ακόμα θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειες μας που μας στήριξαν στην εκπόνηση της πτυχιακής αυτής εργασίας.

Ανάπτυξη συστήματος ελέγχου εναέριας κάμερας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ασχολείται με τον απομακρυσμένο έλεγχο εναέριος κάμερας μέσω ενός παράλληλου ρομποτικού συστήματος . Το εκκρεμές αυτό ρομποτικό σύστημα προέρχεται από μία κατηγορία παράλληλων μηχανισμών οδηγούμενα από καλώδια για τη διαχείριση αντικειμένων . Ένα παράλληλο εκκρεμές ρομποτικό σύστημα αποτελείται από πολλαπλά μοτέρ που χρησιμοποιούνται για την επέκταση και σύμπτυξη καλωδίων που είναι συνδεδεμένα στον τελικό τελεστή στο ένα άκρο. Το εκκρεμές ρομποτικό σύστημα ελέγχει τη θέση του τελικού τελεστή εντός του χώρου εργασίας με την αυξομείωση των μηκών όλων των καλωδίων ταυτόχρονα , ενώ ταυτόχρονα αποτρέπει οποιοδήποτε καλώδιο από το να χάσει τάση. Η έρευνα αυτή εξετάζει το πλεονεκτήματα που έχουν τα ρομποτικά συστήματα οδηγούμενα με καλώδια σε σχέση με τα συμβατικά βιομηχανικά ρομποτικά συστήματα και επικεντρώνεται στον σχεδιασμό και ο έλεγχος ενός συγκεκριμένου υποσυνόλου των κρεμαστών ρομπότ γνωστή ως αυτοπεριορισμένα κρεμαστά ρομπότ τεσσάρων καλωδίων . Συγκεκριμένα , η πτυχιακή αυτή παρουσιάζει ένα σύστημα ελέγχου για ένα κρεμαστό ρομποτικό σύστημα το οποίο διαχειρίζεται μια βιντεοκάμερα σε ένα προκαθορισμένο χώρο εργασίας.

ABSTRACT

The present diploma thesis deals with the remote control of an aerial camera through cable-based parallel robots. This suspended robotic system originates from a category of parallel mechanisms driven by cables and used for object manipulation. A parallel suspended robotic system consists of multiple motors used to expand and collapse cables that are connected to the end effector. The parallel suspended robotic system controls the position of the end effector within the workspace by varying the lengths of all cables at the same time while at the same time preventing any cable from losing tension. This study examines the advantages of cable-based parallel camera robots in comparison to conventional industrial robotic systems and focuses on designing and controlling a specific subset of the hanging robots known as under-constrained parallel robots. Specifically, this diploma thesis presents a control system for an under-constrained parallel robotic system that carries a video camera in a predetermined workspace.

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Μικροεπεξεργαστές PIC , Μηχατρονική , Ρομποτική , Αυτοματισμός
ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: μικροεπεξεργαστής, μοτέρ, κύκλωμα, ελεγκτές, κίνηση

Περιεχόμενα

1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	13
1.1. Εισαγωγή.....	13
1.2. Περιγραφή του αντικειμένου της πτυχιακής εργασίας	14
1.3. Ιστορική αναδρομή.....	15
1.4. Κρεμαστά Ρομπότ.....	15
1.5. Τύποι Ρομπότ	17
1.6. Σύστημα ελέγχου ανοιχτού βρόχου.....	21
1.7. Παραδείγματα ρομπότ καλωδίων	23
2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	25
2.1. Μικροεπεξεργαστές PIC.....	25
2.2. Εφαρμογές μικροελεγκτών	26
2.3. Κατασκευαστές μικροελεγκτών	27
2.4. Γλώσσα προγραμματισμού μικροεπεξεργαστών	28
2.5. Παραδείγματα γλωσσών προγραμματισμού.....	29
2.6. Ο μικροεπεξεργαστής PIC 16F887A.....	29
2.7. Αρχιτεκτονική Harvard	32
2.8. Διαμόρφωση εύρους παλμών	33
2.9. L298N Dual H-bridge motor controller	35
2.10. Ηλεκτρικός κινητήρας	36
3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	40
3.1. Κατασκευή ρομποτικού συστήματος - Εισαγωγή.....	40
3.2. Υλικά κατασκευής.....	42
3.3. Ηλεκτρονικό κύκλωμα κατασκευής στο Proteus.....	45
4. Κεφάλαιο 4	58
4.1. Πορεία κατασκευής ρομποτικού συστήματος	58
4.2. Κατασκευή μακέτας ρομποτικού συστήματος.....	60
4.3. Τελική κατασκευή	63
4.4. 3D απεικόνιση του ρομποτικού συστήματος.....	66
4.5. Κατασκευή χειριστηρίου ρομποτικού συστήματος	69
5. Κεφάλαιο 5	70

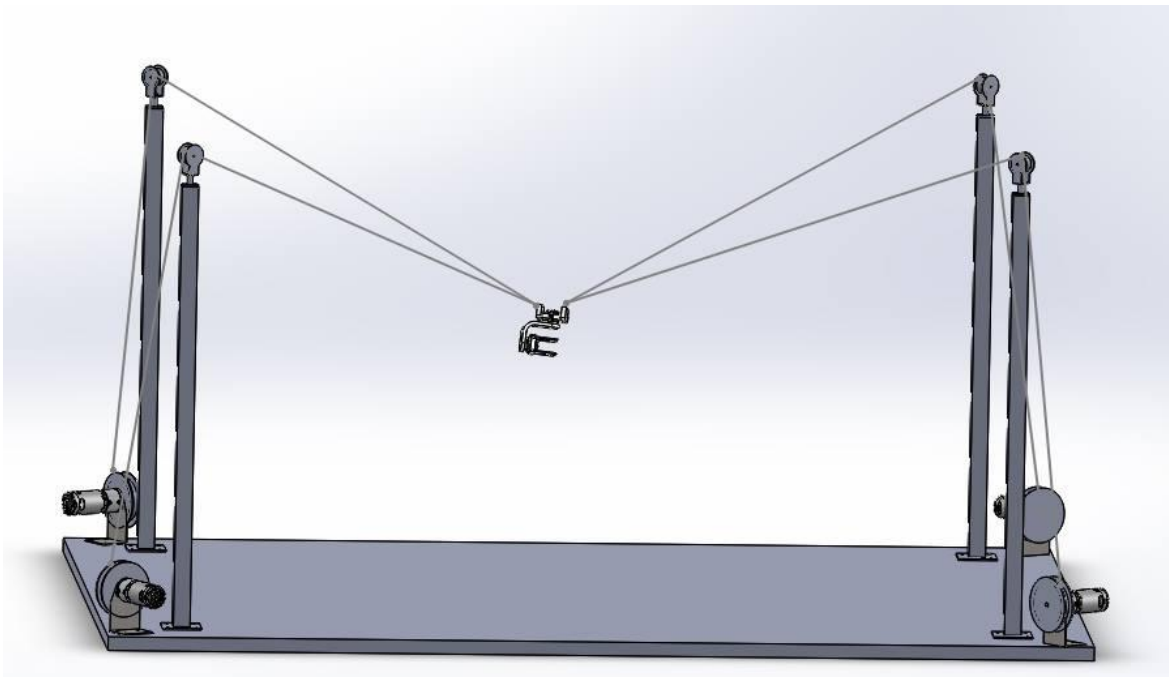
5.1.	Γλωσσά προγραμματισμού	70
5.2.	Ο κώδικας σε microC	72
5.2.1.	Οι βασικές κινήσεις του ρομποτικού συστήματος (μπροστά, πίσω, δεξιά, αριστερά, πάνω και κάτω)	73
5.2.2.	Διαγώνιες κινήσεις.....	76
5.2.3.	Έλεγχος ταχύτητας ρομποτικού συστήματος	79
	Παράρτημα Α'	80
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	83

Ανάπτυξη συστήματος ελέγχου εναέριας κάμερας

1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1. Εισαγωγή

Σήμερα η χρήση εναέριας κάμερας, χρησιμοποιείται ευρέως, κυρίως για την τηλεοπτική κάλυψη μεγάλων αθλητικών γεγονότων. Η εναέρια κάμερα κινείται μέσω ενός εκκρεμούς ρομποτικού συστήματος, που της δίνει την δυνατότητα κίνησης τριών διαστάσεων μέσα σε έναν προκαθορισμένο χώρο. Το συγκεκριμένο σύστημα χρησιμοποιείται από την δεκαετία του 1980 , αλλά μονό μια δεκαετία αργότερα , λόγω της εξέλιξης στην τεχνολογία των υπολογιστών και των μοτέρ , άρχισε να γίνεται πιο ευρέως γνωστή. Η πρώτη χρήση της εναέριας κάμερας , έγινε το 1984 στο Σαν Ντιέγκο της Αμερικής , σε παιχνίδι του NFL.



Εικόνα 1.1: Σύστημα κίνησης εναέριας κάμερας

1.2. Περιγραφή του αντικειμένου της πτυχιακής εργασίας

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας μας είναι η κατασκευή εκκρεμούς ρομποτικού συστήματος το οποίο αποτελείται από πολλαπλά μοτέρ που χρησιμοποιούνται για την επέκταση και σύμπτυξη καλωδίων που είναι συνδεδεμένα στον τελικό τελεστή στο ένα άκρο. Το ρομποτικό σύστημα θα επιτρέπει σε οποιαδήποτε αντικείμενο, την δυνατότητα κίνησης τριών διαστάσεων σε έναν προκαθορισμένο χώρο εργασίας . Το εκκρεμές ρομποτικό σύστημα μπορεί να ελέγχει τη θέση του τελικού τελεστή εντός του χώρου εργασίας με την αυξομείωση των μηκών όλων των καλωδίων ταυτόχρονα , ενώ ταυτόχρονα αποτρέπει οποιοδήποτε καλώδιο από το να γίνει χαλαρό. Η αυξομείωση του μήκους του των καλωδίων θα γίνεται μέσω της ταυτόχρονης περιστροφικής κίνησης τεσσάρων μοτέρ . Ο έλεγχος του ρομποτικού συστήματος γίνεται με τη χρήση PIC μικροελεγκτή.

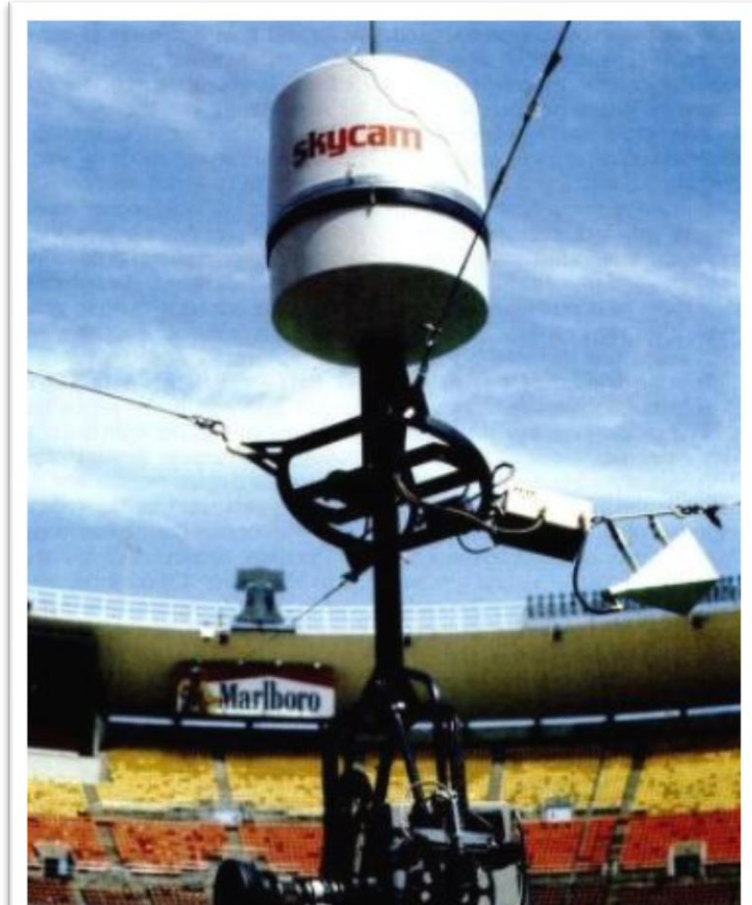


Εικόνα 1.2: Αρχικό στάδιο της κατασκευής

1.3. Ιστορική αναδρομή

Η ιδέα της κατασκευής ρομποτικού συστήματος για τον έλεγχο της κίνησης εναέριας κάμερας , υπάρχει από το 1983 όταν ο Αμερικανός κινηματογραφιστής

Garrett Brown εφηύρε τη γνωστή ως skycam σήμερα. Από τότε μέχρι σήμερα χάρη στην εξέλιξη της τεχνολογίας των υπολογιστών και των μοτέρ, έχουν υπάρξει πολλές παραλλαγές του αρχικού μοντέλου . Κάποιες από αυτές είναι η Spidercam και η Cablecam.



Εικόνα 1.3: Η πρώτη Skycam

1.4. Κρεμαστά Ρομπότ

Κατά τα τελευταία χρόνια, ο βιομηχανικός τομέας έχει παρουσιάσει μεγάλο ενδιαφέρον για τα κρεμαστά ρομπότ ειδικότερα για τις πιθανές υψηλές επιδόσεις τους σε μεγάλους χώρους εργασίας λόγος είναι ότι οι σειριακοί ρομποτικοί βραχίονες που υπάρχουν σε χρήση , χρησιμοποιούνται για να χειριστούν αντικείμενα μέσα σε μικρό περιβάλλον υψηλής αντοχής . Τα κρεμαστά ρομπότ μπορούν να εξυπηρετούν ανάλογους σκοπούς , αλλά σε εργασίες που απαιτούμενες σε μεγαλύτερο χώρο εργασίας. Στην πραγματικότητα, ο απεριόριστος συνδυασμός καλωδίων και ηλεκτροκινητήρων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν επιτρέπουν κάθε μέγεθος χώρου εργασίας.



Εικόνα 1.4: Κρεμαστό ρομποτικό σύστημα Kahn

Το παραπάνω σχήμα απεικονίζει ένα κρεμαστό ρομπότ οδηγούμενο από τέσσερις ηλεκτροκινητήρες το οποίο χρησιμοποιείται για την μεταφορά αντικειμένων. Μερικά μόνο από τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν τα κρεμαστά ρομπότ, είναι ο απλουστευμένος μηχανισμός που τα αποτελεί αλλά επίσης προσφέρουν αυξημένη ταχύτητα και ακαμψία. Οι αυξημένοι βαθμοί ελευθερίας σε συνδυασμό της ακαμψίας που προσφέρουν, επιτρέπει σε αυτά τα ρομπότ να χειρίζονται εξαιρετικά μεγάλα φορτία, χρησιμοποιώντας συγκριτικά με την μάζα χειραγώγησης, εξαιρετικά μικρή μάζα ρομπότ. Ο απλούστερος σχεδιασμός λόγω των λιγοστών απαρτιζόμενων μερών τα καθιστά εύκολα για μεταφορά αν αυτή χρειάζεται. Για παράδειγμα, εφαρμογές οι οποίες απαιτούν την μεταφορά των κρεμαστών ρομπότ περιλαμβάνουν κατασκευαστικά έργα, βαφές ψεκασμού, επεξεργασία υλικών και οπτική επιθεώρηση σε κατασκευαστικά έργα ή συναρμολογήσεων. Τα κρεμαστά ρομπότ μπορούν να αντικαταστήσουν τις εγκαταστάσεις σκαλωσιών και την συναρμολόγηση γερανών, μια διαδικασία δαπανηρή και που απαιτεί εντατική χρήση εργατικού δυναμικού. Άλλες χρήσεις περιλαμβάνουν την φόρτωση και εκφόρτωση κοντέινερ σε λιμάνια και την επισκευή υποστυλών. Επιπρόσθετα εργαλεία μπορούν να εγκατασταθούν στην τελική πλατφόρμα, όπως κάμερες, ηλεκτρομαγνήτες, γάντζοι και αρπαγές. Το

εύρος των εφαρμογών που είναι διαθέσιμες με αυτή την κλάση ρομπότ είναι μεγάλη λόγω της απλότητας του σχεδιασμού. Παρά το γεγονός ότι τα καλωδιακά ρομπότ είναι συμφέρουσα από αρκετές απόψεις, η φυσιολογία τους δημιουργεί σημαντικά προβλήματα τα οποία δεν υπάρχουν σε υλοποιήσεις με σειριακά ρομπότ. Ειδικότερα τα καλώδια μπορούν να τραβήξουν μόνο το εργαλείο, αλλά δεν έχουν την δυνατότητα να το προωθήσουν. Ως εκ τούτου, το καλώδιο ρομπότ μεταφέρει φορτίο σε τάση αλλά όχι σε χαλάρωση. Η ανάγκη να υπάρχει συνεχής θετική τάση στα καλώδια καθιστά αδύνατη την κινηματική ανάλυση με παραδοσιακές μεθόδους. Ως αποτέλεσμα αυτού προκύπτουν πολυπλοκότερες κινηματικές περιγραφές καθώς κατά την μελέτη τους πρέπει να ληφθεί υπόψη η ελαστικότητα και η ευελιξία του καλωδίου. Επιπλέον, προκύπτει και μεγαλύτερο σφάλμα στον υπολογισμό τελικής θέσης καθώς το καλώδιο κρεμάει ή τεντώνει.

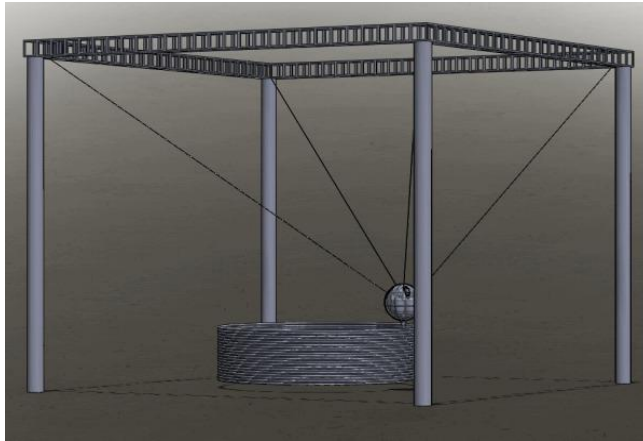
1.5. Τύποι Ρομπότ

Ένας τρόπος ταξινόμησης των ρομπότ βασίζεται στο γεωμετρικό σχηματισμό του ρομποτικού συστήματος. Ανάλογα με το σύστημα συντεταγμένων των τριών πρώτων βαθμών ελευθερίας τα ρομπότ ταξινομούνται σε καρτεσιανά ή ορθογώνια, κυλινδρικά, σφαιρικά και αρθρωτά. Μια εναλλακτική μορφή γεωμετρικού σχηματισμού είναι τα παράλληλα ρομπότ, τα οποία είναι κλειστές κινηματικές αλυσίδες. Ακόμα υπάρχουν τα σύνθετα ρομποτικά συστήματα τα οποία δεν έχουν σταθερή βάση αλλά μπορούν να κινούνται πιο αναλυτικά:

- **Παράλληλα ρομπότ**

Τα παράλληλα ρομπότ αποτελούνται από κλειστές κινηματικές αλυσίδες κατά τις οποίες οι αρθρωτοί σύνδεσμοι ενώνονται παράλληλα μεταξύ μιας σταθερής βάσης και μιας κινούμενης πλατφόρμας. Τα παράλληλα ρομπότ έχουν κάποια πλεονεκτήματα έναντι των σειριακών όπως:

- Στιβαρότητα
- καλή ικανότητα χειρισμού,
- ικανότητα χειρισμού μεγάλων φορτίων
- καλό λόγο φορτίου προς βάρος



Εικόνα 1.5 : Παράλληλο ρομπότ

Τα παράλληλα ρομπότ υποβοηθούμενα με καλώδιο χωρίζονται σε δύο κατηγορίες.

- Υποπεριοριζόμενα

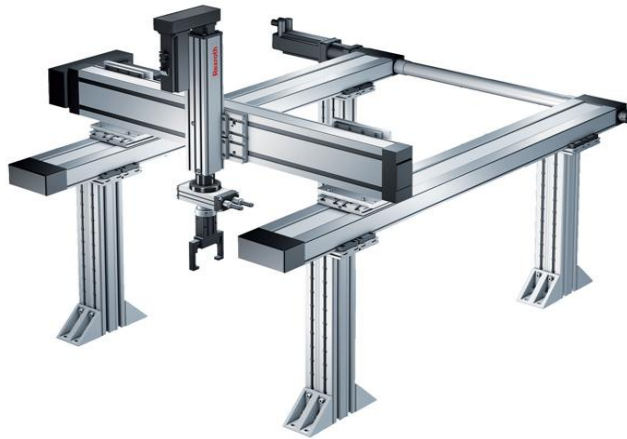
Στα υποπεριοριζόμενα η θέση και ο προσανατολισμός είναι σχετικά. Τα υποπεριοριζόμενα παράλληλα ρομπότ δεν έχουν την ίδια ακρίβεια με τα πλήρως περιορισμένα αλλά είναι πιο εύκολη η κατασκευή τους. Μόνο με τρία καλώδια μπορούν να επιτύχουν τρεις βαθμούς ελευθερίας

- Πλήρως περιορισμένα.

Η κατηγορία των πλήρως περιορισμένων ρομπότ μας δίνει την δυνατότητα να είναι γνωστή και καθορίσιμη η απόλυτη θέση ή ο προσανατολισμός του εργαλείου κάθε δεδομένη στιγμή. Τα περιοριζόμενα ρομπότ έχουν μεγαλύτερη ακρίβεια αλλά χρειάζονται ισχυρότερους κινητήρες και μεγαλύτερο αριθμό καλωδίων

- Ορθωγωνικά ρομπότ

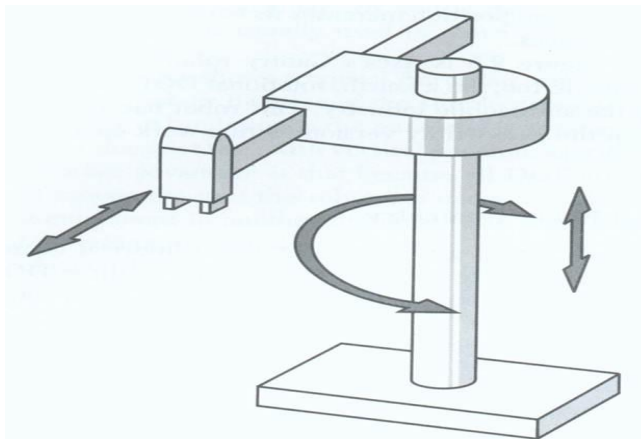
Τα ορθωγωνικά ρομπότ κινούνται σε ευθείες γραμμές πάνω-κάτω και μέσα-έξω. Οι βαθμοί ελευθερίας του βραχίονα ορίζονται από το καρτεσιανό σύστημα αξόνων. Στα πλεονεκτήματα των καρτεσιανών ρομπότ συγκαταλέγονται η υψηλή διακριτική ικανότητα τους και η μεγάλη ακρίβεια, η εύκολη αποφυγή εμποδίων και συνεπώς η πρόληψη συγκρούσεων και η μη επίδραση φορτίων βαρύτητας τα οποία επιδρούν στην ακρίβεια, που συνεπάγεται ευκολία στον έλεγχο της κίνησης των αρθρώσεων.



Εικόνα 1.6 : Ορθωγονικό ρομπότ

- Κυλινδρικά ρομπότ

Τα κυλινδρικά ρομπότ βασίζονται σε ένα κυλινδρικό σύστημα συντεταγμένων , όπου κάθε σημείο προσδιορίζεται συναρτήσει της γωνίας περιστροφής της βάσης, της ακτινικής διάστασης και του ύψους από το επίπεδο αναφοράς . Ο χώρος στον οποίο το κυλινδρικό ρομπότ κινείται έχει κυλινδρική μορφή. Βασικό πλεονέκτημα αυτού του είδους ρομπότ , είναι ο πολύ απλός σχεδιασμός σε σχέση με το ορθωγονικά ρομπότ

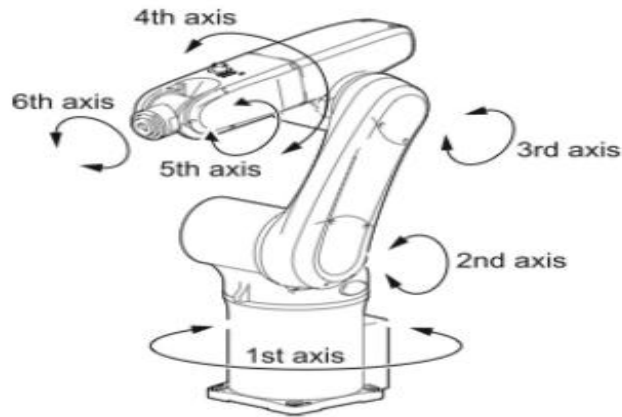


Εικόνα 1.9 : Κυλινδρικό Ρομπότ

- Αρθρωτά ρομπότ

Τα αρθρωτά ρομπότ αυτά, αποτελούνται από περιστροφικές αρθρώσεις που είναι βάση που περιστρέφεται ώστε να έχουμε την δυνατότητα κίνησης τριών αξόνων. Βασικό πλεονέκτημα των αρθρωτών ρομπότ είναι η

δυνατότητα συνεργασίας με αλλά ρομπότ σε κοινό χώρο εργασίας καθώς και η δυνατότητα προσέγγισης ενός αντικείμενου από πάνω ή από κάτω.



Εικόνα 1.8 : Κυλινδρικό Ρομπότ

- Σφαιρικά Ρομπότ

Τα σφαιρικά ρομπότ εργάζονται σε σφαιρικό χώρο εργασίας και οι κινήσεις που είναι ικανά να εκτελέσουν είναι περιστροφικές. Το κύριο πλεονέκτημα αυτής της κατηγορίας ρομπότ είναι η χαμηλή πολυπλοκότητα και το σχετικά μικρό βάρος.



Εικόνα 1.10 : Σφαιρικό Ρομπότ

1.6. Σύστημα ελέγχου ανοιχτού βρόχου

Το σύστημα μας βασίζεται σε σε σύστημα ελέγχου ανοιχτού βρόχου.



Χειριστήριο και μικροελεγκτής

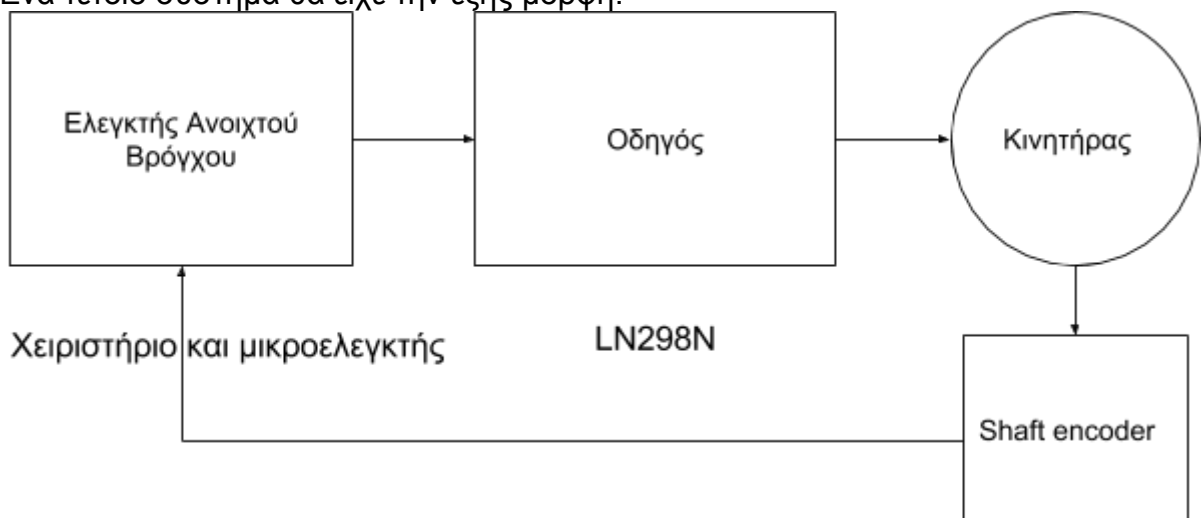
LN298N

Εικόνα 1.11 : Σύστημα ανοιχτού βρόχου

Χρησιμοποιώντας σύστημα ανοιχτού βρόχου στέλνουμε ηλεκτρικά σήματα στον κινητήρα για να εκτελέσει την απαιτούμενη κίνηση. Με αυτή την μέθοδο έλεγχου ο ελεγκτής αδυνατεί να ξέρει αν η απαιτούμενη κίνηση εκτελέστηκε σωστά, έτσι χρησιμοποιείται ο ανθρωπινός παράγοντας για να γίνει η επιθυμητή κίνηση με ακρίβεια. Η χρήση συστήματος ανοιχτού βρόχου έγινε για λόγους οικονομίας και απλοποίησης του συνολικού συστήματος. Εναλλακτικά θα έπρεπε να χρησιμοποιηθεί encoder (Οπτικός Κωδικοποιητής Προσαύξησης) ως μέσω ανάδρασης στον ελεγκτή .

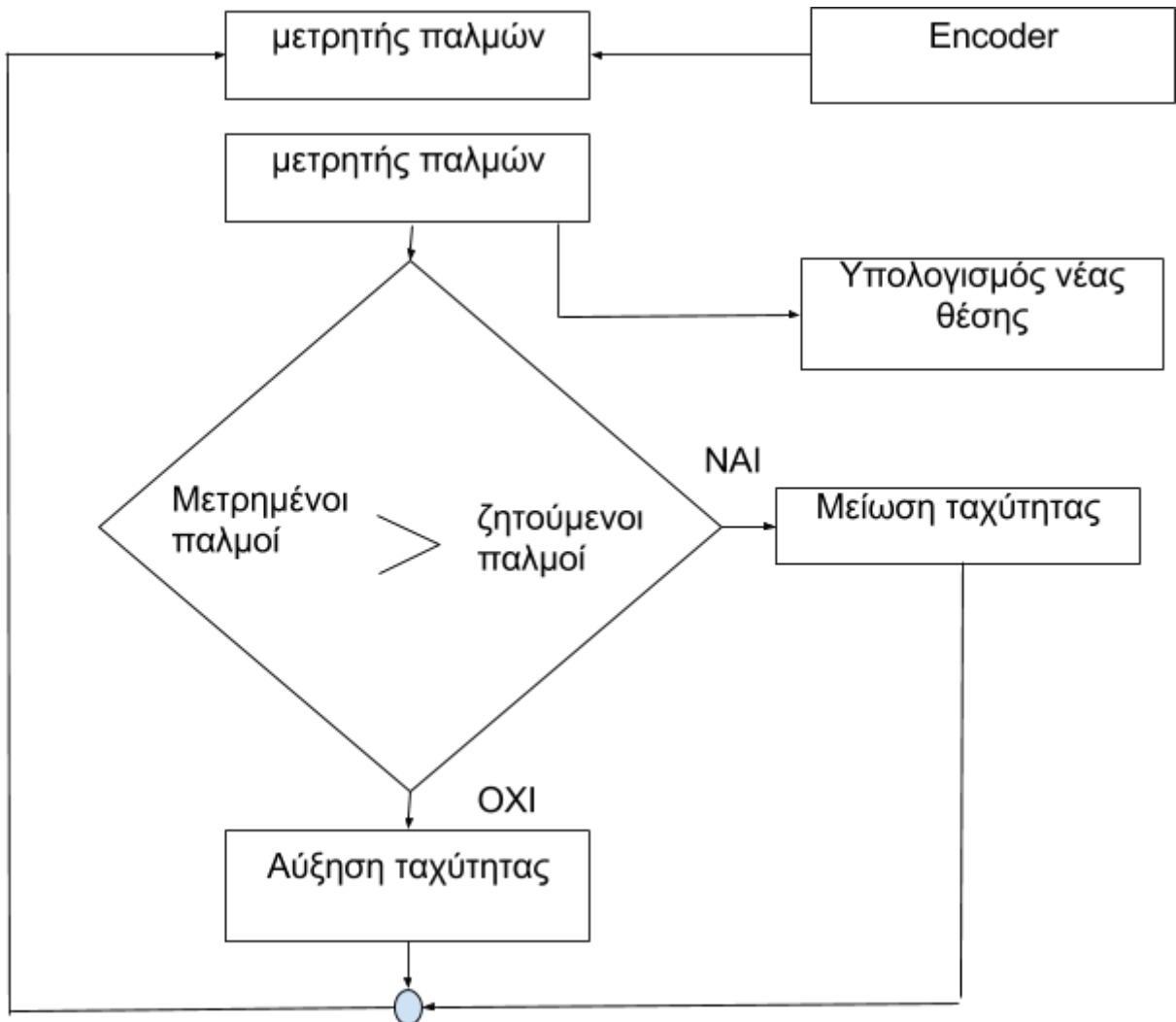
Ο Encoder παρέχει την γωνιακή ταχύτητα του άξονα του κινητήρα, που μπορεί να αναχθεί στην ταχύτητα σύμπτυξης και επέκτασης του σκοινιού και έπειτα συνδυαστικά στην ταχύτητα κίνησης του τελικού τελεστή

Ένα τέτοιο σύστημα θα είχε την εξής μορφή.



Εικόνα 1.12 : Σύστημα κλειστού βρόχου

Και το λογισμικό του μικροελεγκτή θα είχε την εξής αρχή.



Εικόνα 1.13 : Λογικό διάγραμμα ροής λειτουργίας κατασκευής

1.7. Παραδείγματα ρομπότ καλωδίων

Οι ερευνητές στον τομέα της ρομποτικής έχουν αναπτύξει έναν αριθμό διαφορετικών μηχανισμών που θα μπορούσαμε να τα χαρακτηρίσουμε ως ρομπότ παράλληλης λειτουργίας με καλώδια και έχουν επινοήσει διάφορα εργαλεία για την ανάλυση και τον έλεγχο της συμπεριφορά τους. Μια από τις πρώτες υλοποιήσεις αυτής της τεχνολογίας ήταν η ανάπτυξη του Skycam , ένα υποπεριοριζόμενο, ρομπότ τεσσάρων καλωδίων με δυνατότητα την ανάπτυξη μίας τηλεοπτικής κάμερας σε γήπεδα και αθλητικές εκδηλώσεις.



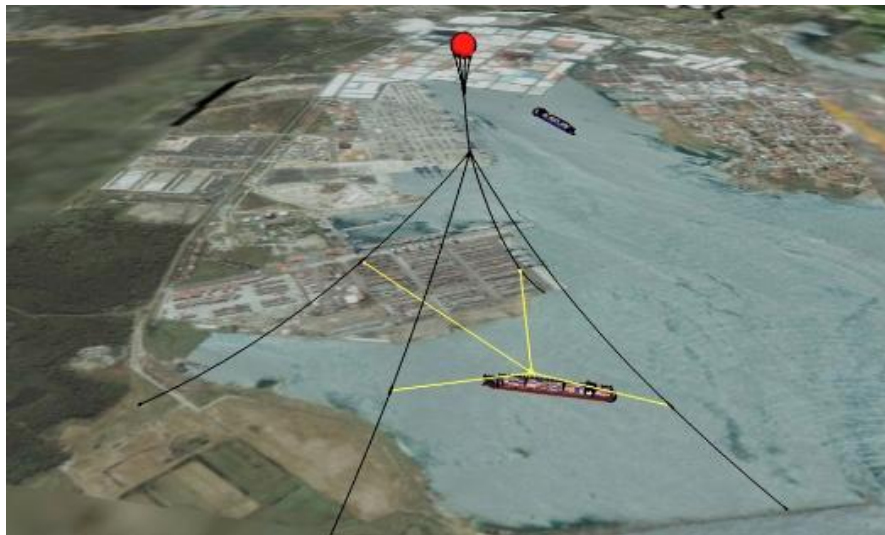
Εικόνα 1.14: Παράδειγμα Skycam

Το skycam επεκτείνει σημαντικά τον χώρο εργασίας έναντι των συμβατικών μέσων λήψης και τηλεοπτικής κάλυψης χωρίς να συμβιβάζεται το επίπεδο ασφάλειας για τους χειριστές , τους θεατές ή τους αγωνιζόμενους Υπάρχουν υλοποιήσεις του skycam για την εξυπηρέτηση αναγκών σε λήψεις σε εσωτερικούς χώρους όπως studio. Ακόμα ένα παράδειγμα ρομπότ καλωδίων είναι το robotcrane. Ο γερανός είναι εφοδιασμένος με τέσσερα καλώδια παρέχοντας εξαιρετική ακρίβεια, υψηλή ταχύτητα και μεγαλύτερη ανυψωτική ικανότητα. Το Robocrane βασίζεται στον παράλληλο βραχίονα Stewart Platform. Ο ευέλικτος σχεδιασμός του Robocrane καθιστά δυνατή την χρήση του σε επίγειες , υποθαλάσσιες και διαστημικές εφαρμογές.



Εικόνα 1.15: Παράδειγμα Robocrane Skycam

Τέλος σημαντική είναι και η ανάπτυξη του σχεδίου TetheredAir. Πρόκειται για ένα παράλληλο ρομπότ καλωδίων προσαρτημένο σε αερόστατα, προσφέροντας στην ουσία απεριόριστα μεγάλο χώρο εργασίας. Βασική εφαρμογή του μοντέλου αυτού θα ήταν η εγκατάσταση μιας γέφυρας φόρτωσης εκφόρτωσης πλοίων παρακάμπτοντας την χρήση λιμανιών.



Εικόνα 1.16: Παράδειγμα TetheredAir robot

2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1. Μικροεπεξεργαστές PIC

Οι μικροεπεξεργαστές PIC ανήκουν στην οικογένεια Harvard architecture microcontrollers και κατασκευάζονται από την εταιρεία Microchip Technology. Ο πρώτος μικροελεγκτής PIC1650 κατασκευάστηκε από την εταιρεία General Instrument's Microelectronics Division.

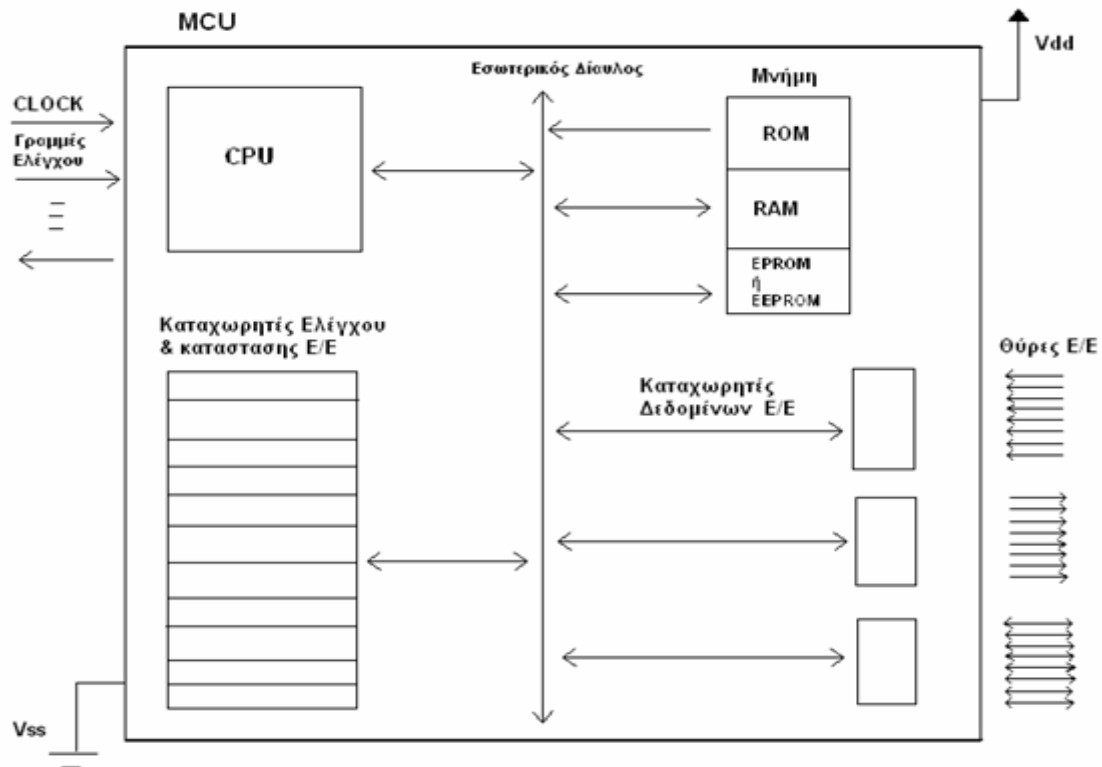


Εικόνα 2.1: Ο πρώτος μικροεπεξεργαστής PIC

Οι πρώτοι μικροεπεξεργαστές pic κατασκευάστηκαν το 1976 και από τότε μέχρι σήμερα η Microchip Technology έχει κατασκευάσει πάνω από δώδεκα δισεκατομμύρια μικροεπεξεργαστές. Οι πρώτοι μικροεπεξεργαστές διέθεταν είτε read only μνήμη είτε EEPROM μνήμη, με κάποια μοντέλα να έχουν και τη δυνατότητα διαγραφής της μνήμης. Αρχικά το ακρώνυμο **PIC** αντιστοιχούσε στις λέξεις "**Programmable Interface Controller**", αλλά στη συνέχεια μετονομάστηκε σε "**Programmable Intelligent Computer**". Οι μικροεπεξεργαστές είναι προγραμματιζόμενα ολοκληρωμένα κυκλώματα τα οποία περιλαμβάνουν πάνω στο ίδιο chip ένα μικροεπεξεργαστή, μονάδες εισόδου – εξόδου για την επικοινωνία της συσκευής με εξωτερικά κυκλώματα, καθώς επίσης και μνήμες(RAM, EEPROM). Επίσης, ένας μικροελεγκτής μπορεί να διαθέτει μετατροπείς A/D και D/A ή και μονάδες σειριακής επικοινωνίας για τον έλεγχο της λειτουργίας ενός συστήματος. Την CPU (Central Processing Unit – Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας), την μνήμη (Memory) και τους καταχωρητές (Registers). Η CPU ρυθμίζει την λειτουργία του μικροελεγκτή. Υπάρχουν διάφοροι τύποι μνήμης,

Ανάπτυξη συστήματος ελέγχου εναέριας κάμερας

όπως ROM, RAM, EEPROM. Στη μνήμη ανάλογα με το είδος της μνήμης, μπορούν να αποθηκεύονται είτε δεδομένα είτε ο κώδικας του προγράμματος



Εικόνα 2.2: Γενικό διάγραμμα μικροεπεξεργαστή PIC

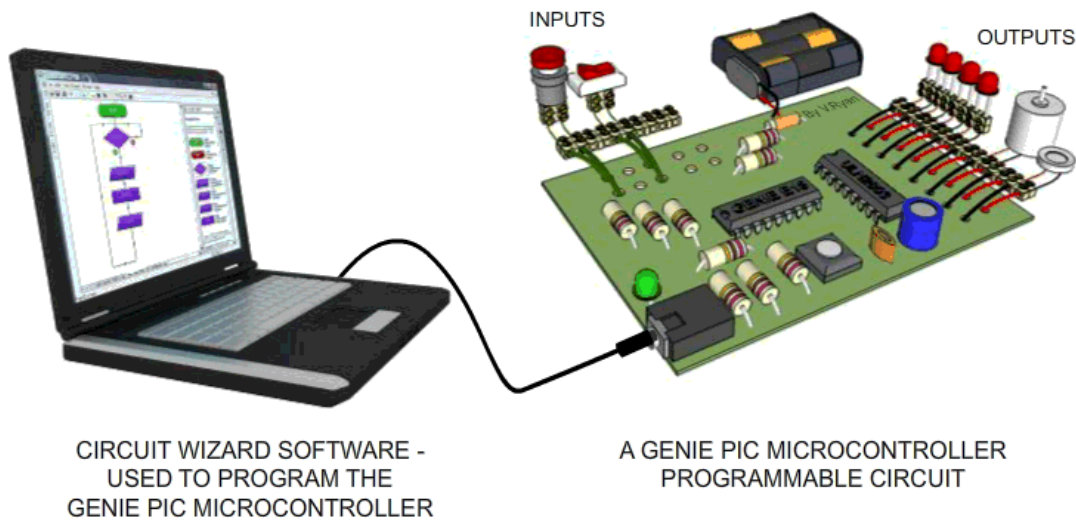
2.2. Εφαρμογές μικροελεγκτών

Οι μικροεπεξεργαστές βρίσκουν εφαρμογή στα παρακάτω πεδία:

- Σε συστήματα αυτοματισμών
- Σε κυκλώματα τηλεπικοινωνιών
- Στις ηλεκτρονικές συσκευές
- Στις ηλεκτρικές συσκευές
- Σε συστήματα τηλεματικής
- Σε συστήματα συλλογής δεδομένων (Data Acquisition)
- Σε εφαρμογές ηλεκτρονικών ισχύος
- Σε συστήματα διασύνδεσης
- Σε εφαρμογές δικτύων

Ανάπτυξη συστήματος ελέγχου εναέριας κάμερας

Γενικότερα οι μικροεπεξεργαστές χρησιμοποιούνται οπουδήποτε απαιτείται έλεγχος συστημάτων.



CIRCUIT WIZARD SOFTWARE -
USED TO PROGRAM THE
GENIE PIC MICROCONTROLLER

A GENIE PIC MICROCONTROLLER
PROGRAMMABLE CIRCUIT

Εικόνα 2.3: Έλεγχος απλού συστήματος με χρήση μικροεπεξεργαστής PIC

2.3. Κατασκευαστές μικροελεγκτών

Υπάρχουν δεκάδες εταιρείες παγκοσμίως που κατασκευάζουν μικροεπεξεργαστές. Οι πιο διαδεδομένες είναι:

- Microchip, www.microchip.com
- Atmel, www.atmel.com
- Texas Instruments, www.ti.com
- Freescale (πρώην Motorola), www.freescale.com
- Intel, www.intel.com
- Analog Devices, www.analog.com

2.4. Γλώσσα προγραμματισμού μικροεπεξεργαστών

Οι μικροεπεξεργαστές γενικά προγραμματίζονται σε γλώσσες χαμηλού επιπέδου. Τελευταία όλο και περισσότεροι προγραμματιστές επιλέγουν γλώσσες υψηλότερου επιπέδου. Οι γλώσσες προγραμματισμού μικροελεγκτών χωρίζονται σε δυο βασικές κατηγορίες.

- Γλώσσα χαμηλού επιπέδου:
 - Ο προγραμματιστής έχει τον απόλυτο έλεγχο της συμπεριφοράς του μικροελεγκτή
 - Μπορεί να επιτύχει με απόλυτη ακρίβεια διάφορους χρονισμούς
 - Δεν απαιτείται η δαπάνη για την αγορά assembler καθώς συνήθως διατίθεται δωρεάν από την κατασκευάστρια εταιρεία
 - Απαιτείται μεγαλύτερος κόπος για την εκμάθηση της συμβολικής γλώσσας του εκάστοτε μικροελεγκτή
 - Τα προγράμματα που δημιουργούνται σε συμβολική γλώσσα δεν είναι ευανάγνωστα και ο προγραμματιστής δυσκολεύεται να θυμηθεί τη λογική που έχει εφαρμόσει όταν χρειάζεται να κάνει τροποποιήσεις εκ των υστέρων
 - Είναι δυσκολότερο να δουλέψουν πολλοί προγραμματιστές στο ίδιο πρόγραμμα

- Γλώσσα υψηλού επιπέδου:
 - Είναι ευκολότερη η ανάπτυξη μεγάλων και σύνθετων προγραμμάτων
 - Μπορούν να δουλέψουν πιο εύκολα πολλοί προγραμματιστές στο ίδιο πρόγραμμα
 - Σε εφαρμογές με κρίσιμους χρονισμούς είναι δυσκολότερη η συγγραφή κώδικα που ανταποκρίνεται στους χρονισμούς αυτούς
 - Μερικές φορές η δαπάνη για την αγορά compiler δεν αποτελεί αμελητέο μέγεθος
 - Σε παλιότερους compilers ο κώδικας μηχανής που παραγόταν δεν ήταν βελτιστοποιημένος με αποτέλεσμα να απαιτείται μικροελεγκτής με πολύ περισσότερη μνήμη. Οι compilers που κυκλοφορούν σήμερα διαθέτουν εξελιγμένα εργαλεία για

βελτιστοποίηση (optimization) του κώδικα και έχουν κερδίσει την εμπιστοσύνη ακόμα και των πιο δύσπιστων προγραμματιστών.

2.5. Παραδείγματα γλωσσών προγραμματισμού

Όπως αναφέραμε παραπάνω , μπορούμε να διαχωρίσουμε τις γλώσσες προγραμματισμού , σε γλώσσες χαμηλού και υψηλού επιπέδου. Κάποια παραδείγματα μπορούμε να δούμε παρακάτω.

- Γλώσσα χαμηλού επιπέδου
 - Pascal

- Γλώσσες υψηλού επιπέδου
 - C
 - C++
 - Basic
 - Java
 - Pascal

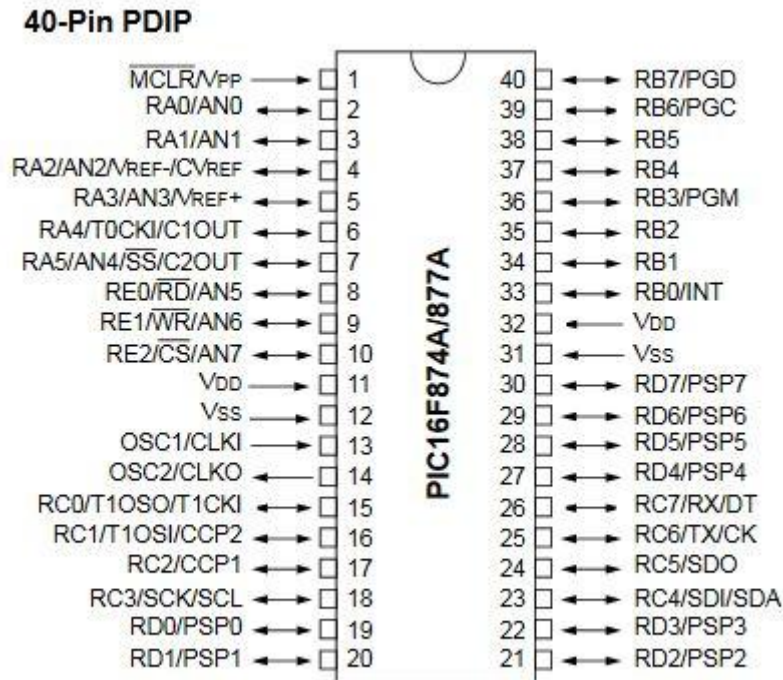
2.6. Ο μικροεπεξεργαστής PIC 16F887A

Για την κατασκευή του εκκρεμούς ρομποτικού συστήματος , χρησιμοποιήθηκε ο μικροεπεξεργαστής PIC16F887A. Ο μικροεπεξεργαστής PIC16F887A κατασκευάζεται από την εταιρεία microchip και είναι αρχιτεκτονικής RISC. Ο **PIC16F887** είναι ένας ισχυρός και εύκολος στον προγραμματισμό μικροελεγκτής τεχνολογίας CMOS της εταιρίας Microchip. Είναι τεχνολογία χαμηλής ισχύος και υψηλής ταχύτητας.



Εικόνα 2.4: Ο μικροεπεξεργαστής PIC 16F887A

Ο PIC16F887 βασίζεται στην αρχιτεκτονική RISC και διαθέτει 40 ακροδέκτες. Ο μικροελεγκτής PIC16F887 διαθέτει μνήμη δεδομένων EEPROM των 256 bytes. Επίσης, διαθέτει ενσωματωμένο χρονιστή επιτήρησης (watch-dog timer) και μία σύγχρονη σειριακή θύρα. Ο μικροελεγκτής παράγει έξοδο παλμοσειράς με 16 ρυθμιζόμενο εύρος (PWM). Αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη ρύθμιση διαφόρων βιομηχανικών εφαρμογών (π.χ βαλβίδες ή σερβοκινητήρες). Έχει πέντε (5) θύρες εισόδου/εξόδου (θύρες A, B, C, D, E) των οχτώ(8) δυαδικών ψηφίων (bits) με ατομικό έλεγχο διεύθυνσης. Αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε σαν απλές θύρες, είτε σαν θύρες των υπόλοιπων περιφερειακών που διαθέτει. Η θύρα D μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παράλληλη επικοινωνία. Ακόμη, διαθέτει τρεις (3) μετρητές χρόνου που του δίνουν μεγάλες δυνατότητες σε εφαρμογές, όπου οι πολλαπλές μετρήσεις χρόνου είναι απαραίτητες. Παράλληλα είναι εφικτή η παραγωγή παλμών ελεγχόμενης διάρκειας, κάτι που είναι πολύ χρήσιμο για την παραγωγή ρυθμιζόμενης συνεχούς τάσης. Διαθέτει δύο 8-μπιτους χρονιστές/μετρητές (timer/counter) [TMR0,2] και έναν 16-μπιτο [TMR1]. Περιέχει επίσης έναν 10-μπιτο μετατροπέα Αναλογικού σήματος σε Ψηφιακό (Analog to Digital converter), με οκτώ αναλογικά κανάλια εισόδου.



Εικόνα 2.5: Σχηματικό διάγραμμα του μικροεπεξεργαστή PIC 16F887A

Μια ακόμη δυνατότητα του μικροελεγκτή, είναι η σειριακή επικοινωνία. Διαθέτει δύο περιφερειακά, ένα για ασύγχρονη ή σύγχρονη επικοινωνία του τύπου USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter), με 9-bit ανίχνευση διευθύνσεων και ένα για σύγχρονη μόνο επικοινωνία, το οποίο ονομάζεται SSP(Synchronous Serial Port)- Σύγχρονη Σειριακή Πόρτα.

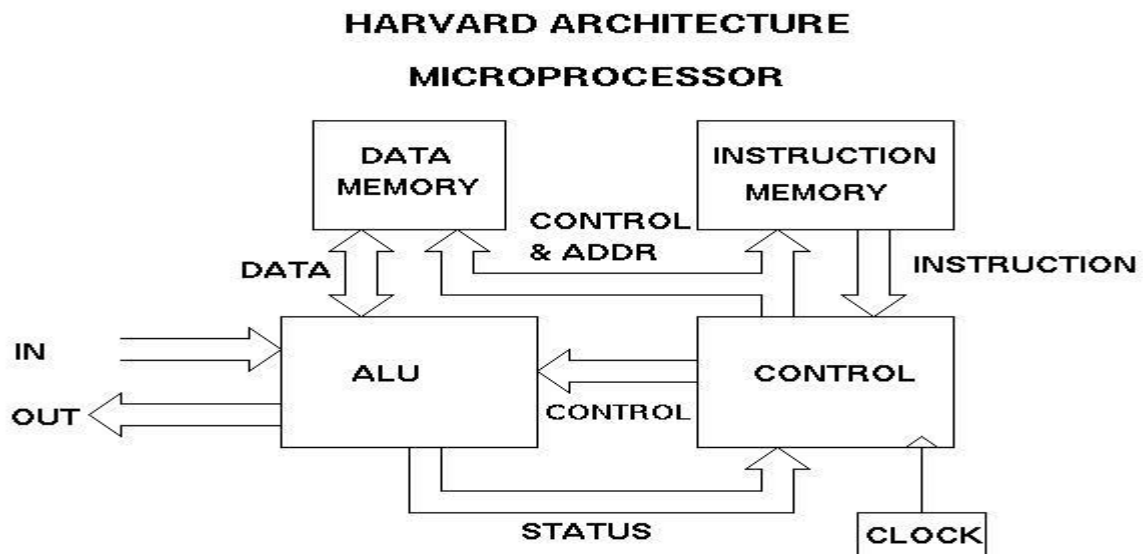
Βασικά χαρακτηριστικά του μικροεπεξεργαστή PIC 16F887A:

- Είναι 8-bit μικροελεγκτής με δίαυλο δεδομένων
- Έχει δίαυλο διευθύνσεων 9-bit
- Λειτουργεί με ταλαντωτή χρονομετρητή μέγιστης συχνότητας 20MHz (εσωτερικά διαιρεί με το 4 για να παράγει τελικά 5MHz κύκλο ρολογιού)
- Διαθέτει μνήμη προγράμματος 8K λέξεων
- Διαθέτει τρεις χρονιστές
 - Timer 0
 - Timer 1
 - Timer 2

- Διαθέτει 40 ακροδέκτες
- Διαθέτει RAM 368 bytes
- Μπορεί να προγραμματιστεί με 35 συνολικά εντολές
- Διαθέτει στοίβα 8 θέσεων
- Διαθέτει EEPROM δεδομένων 256 θέσεων
- Διαθέτει 5 θύρες I/O (PORTA,PORTB,PORTC,PORTD,PORTE)
 - RA0-5 (6 ακροδέκτες)
 - RB0-7 (8 ακροδέκτες)
 - RC0-7 (8 ακροδέκτες)
 - RD0-7 (8 ακροδέκτες)
 - RE0-2 (3 ακροδέκτες)
- Διαθέτει ενσωματωμένα διάφορα περιφερειακά κυκλώματα όπως ADC, MSSP (SPI/I2C), USART, CCP.

2.7. Αρχιτεκτονική Harvard

Οι μικροελεγκτές PIC βασίζονται στην αρχιτεκτονική Harvard. Η αρχιτεκτονική Harvard συνίσταται στο ότι υπάρχουν δυο ξεχωριστές μνήμες, όπου στην μια αποθηκεύονται οι εντολές και στην άλλη τα δεδομένα.

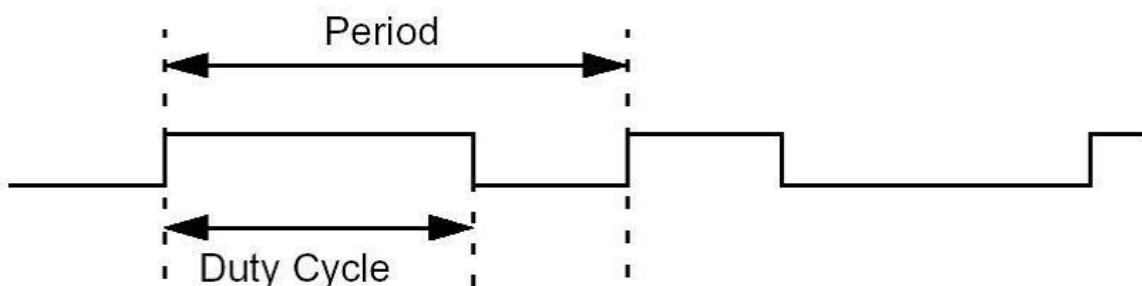


Εικόνα 2.6: Αρχιτεκτονική Harvard

Το κυριότερο πλεονέκτημα της αρχιτεκτονικής αυτής είναι ότι εντολές και δεδομένα είναι αποθηκευμένα σε διαφορετικές μνήμες και έχουν ξεχωριστό δίαυλο, οπότε μπορούν στον ίδιο χρόνο και τα δυο (εντολές και δεδομένα) να αντληθούν από τον επεξεργαστή. Ο κύκλος εκτέλεσης εντολής αποτελείται από τέσσερις κύκλους μηχανής (Q1,Q2,Q3,Q4). Η άντληση της εντολής (instruction fetch) ξεκινά στον κύκλο μηχανής Q1, η εντολή τοποθετείται εντός του καταχωρητή εντολών (instruction register) ενώ ο απαριθμητής εντολών (P.C) αυξάνει το περιεχόμενό του κατά 1. Η εντολή αποκωδικοποιείται και εκτελείται κατά τη διάρκεια του κύκλου μηχανής Q2. Η ανάγνωση δεδομένων από τη μνήμη γίνεται στον κύκλο Q2, ενώ η εγγραφή γίνεται στον κύκλο Q4.

2.8. Διαμόρφωση εύρους παλμών

Μία PWM κυματομορφή στην πραγματικότητα αποτελεί μία περιοδική κυματομορφή η οποία έχει δύο τμήματα. Το τμήμα ON στο οποίο η κυματομορφή έχει την μέγιστη τιμή της και το τμήμα OFF στο οποίο έχει την τιμή μηδέν. Το ON τμήμα ονομάζεται κύκλος λειτουργίας (duty cycle) και μετριέται είτε σε μονάδες χρόνου (ms, us κλπ) είτε σε ποσοστό (%) επί της περιόδου. Εφαρμόζοντας μία PWM κυματομορφή στην τροφοδοσία ενός φορτίου επιτυγχάνουμε να ελέγξουμε την το ποσοστό της ισχύος που πέφτει πάνω στο φορτίο. Για την περίπτωση που το φορτίο είναι ένας κινητήρας αυτό συνεπάγεται έλεγχος στροφών του κινητήρα



Εικόνα 2.7: Διαμόρφωση εύρους παλμών (PWM)

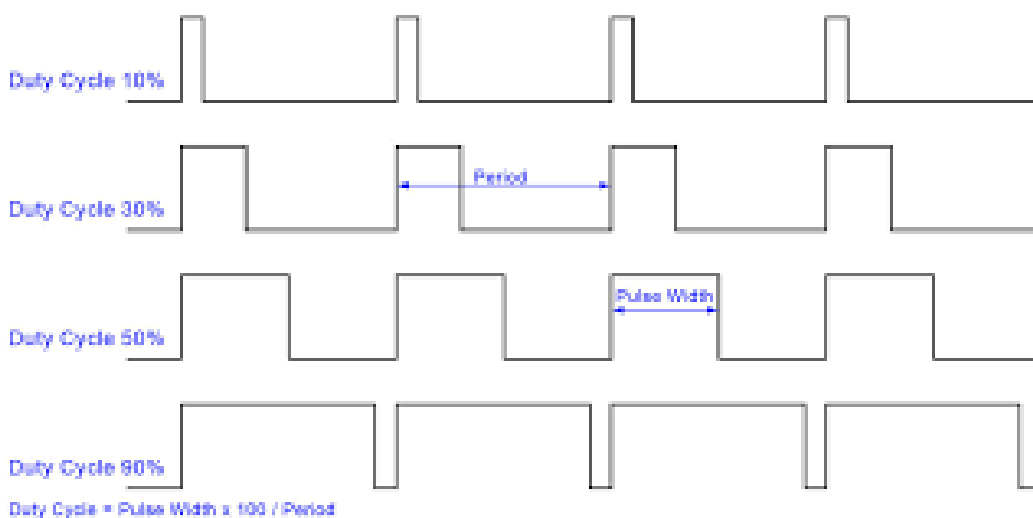
Μέσω της διαμόρφωσης εύρους παλμών δίνεται η δυνατότητα έλεγχου των στροφών των μοτέρ. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τον έλεγχο της ταχύτητας του

εκκρεμούς ρομποτικού συστήματος , άρα και τον έλεγχο της ταχύτητας της εναέριας κάμερας. Ουσιαστικά με τον έλεγχο του πλάτους των παλμών , καθορίζεται η διαμόρφωση εύρους παλμών που χρησιμοποιείται για να αυξομειώσουμε την συνολική ισχύ που προσφέρουμε σε ένα φορτίο χωρίς να χρησιμοποιήσουμε ωμικές αντιστάσεις. Αποφεύγουμε δηλαδή με αυτή την μέθοδο τις ωμικές απώλειες που συνεπάγεται η χρήση ωμικών αντιστάσεων. Ο κανόνας που διέπει την όλη διαδικασία είναι πως η συνολική ισχύς που μεταφέρεται στο φορτίο είναι ευθέως ανάλογη του κύκλου λειτουργίας (duty cycle) της παλμοσειράς. Ως βαθμό εργασίας ορίζουμε τον λόγο της χρονικής διάρκειας όπου ο παλμός έχει τιμή λογικού 1 , T , προς την περίοδο της παλμοσειράς, T .

Δηλαδή (για να δοθεί ως ποσοστό επί τοις εκατό, κάτι που είναι ευρέως διαδεδομένο) :

—

Υπάρχουν δύο διακριτές καταστάσεις την παλμοσειράς (ON (λογικό 1) και OFF (λογικό 0)). Με αυτό τον τρόπο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το άνοιγμα και το κλείσιμο των διακοπτικών ηλεκτρονικών στοιχείων (ουσιαστικά πραγματοποιούν έλεγχο των διακοπών) και κατά συνέπεια για τον έλεγχο της τάσης στο φορτίο. Μπορούμε εύκολα λοιπόν να έχουμε την επιθυμητή τάση στο φορτίο μας απλά χρησιμοποιώντας PWM με κατάλληλο βαθμό εργασίας.



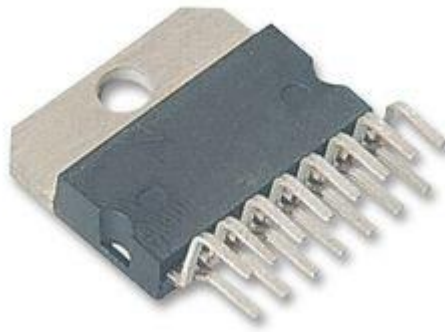
Εικόνα 2.8: Διαμόρφωση εύρους παλμών (PWM) με βαθμό εργασίας 10% , 30% , 50% και 90%

Οι βασικότερες τεχνικές διαμόρφωσης εύρους παλμών είναι οι παρακάτω:

- Ημιτονοειδής διαμόρφωση εύρους παλμών (SPWM – Sinusoidal Pulse Width Modulation)□
- PWM για την εξάλειψη συγκεκριμένων αρμονικών (Selected Harmonic Elimination PWM - SHE - PWM).
- PWM για την ελαχιστοποίηση της κυμάτωσης που παρουσιάζει το ρεύμα (Minimum Ripple Current PWM).
- PWM για έλεγχο του ρεύματος σε βρόχο υστέρησης (Hysteresis Band Current Control PWM).
- Ημιτονοειδής PWM με στιγμιαίο έλεγχο στο ρεύμα(Sinusoidal PWM With Instantaneous Current Control).
- PWM με διανύσματα κατάστασης του αντιστροφέα (Space Vector PWM – SVPWM)
- Τυχαία PWM (Random PWM)

2.9. L298N Dual H-bridge motor controller

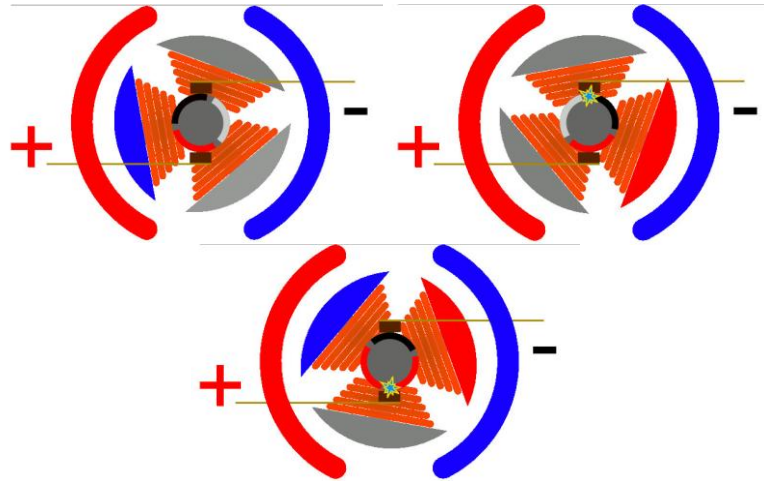
Το L298 είναι ένα ολοκληρωμένο μονολιθικό κύκλωμα και αποτελείται από 15 εισόδους - εξόδους . Είναι ένα υψηλής τάσης ολοκληρωμένο , σχεδιασμένο να δέχεται σήματα TTL και να οδηγεί επαγωγικά φορτία όπως πηνία , DC μοτέρ αλλά και βηματικά μοτέρ. Παρέχονται δυο είσοδοι enable για να ενεργοποιούν ή να απενεργοποιούν την συσκευή , ανεξάρτητα από τα σήματα εισόδου. Οι πομποί των κατώτερων τρανζίστορ της κάθε γέφυρας , είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους και το αντίστοιχο εξωτερικό τερματικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη σύνδεση ενός εξωτερικής αντίστασης ανίχνευσης.



Εικόνα 2.9: Ολοκληρωμένο L298N

2.10. Ηλεκτρικός κινητήρας

Θέλοντας το κόστος τις τελικής κατασκευής να κυμανθεί στα χαμηλότερα δυνατά επίπεδα έγινε η επιλογή τεσσάρων ηλεκτροκινητήρων συνεχούς ρεύματος με ψήκτρες. Η επιλογή αυτή εκτός του χαμηλού κόστους της, παρέχει μεγάλη ευκολία στον χειρισμό αλλά και μεγάλη ροπή σε χαμηλές στροφές. Λίγα λόγια για τους ηλεκτροκινητήρες συνεχούς ρεύματος με ψήκτρες .Ο κινητήρας αυτός έχει την απλούστερη λειτουργία σε σχέση με τους υπόλοιπους κινητήρες τις αγοράς και μπορείς να τον συναντήσεις σε κάθε είδους εφαρμογή όπως σε οικιακές συσκευές , παιχνίδια ή στην αυτοκινητοβιομηχανία στην περίπτωση μας σε υαλοκαθαριστήρες φορτηγών. Η λειτουργία του βασίζεται στο φαινόμενο του σιδηρομαγνητισμού δηλαδή η μετατροπή του σιδήρου σε μαγνήτη με τους πόλους να καθορίζονται από την κατεύθυνση της ροής του ρεύματος που τον διαρρέει .



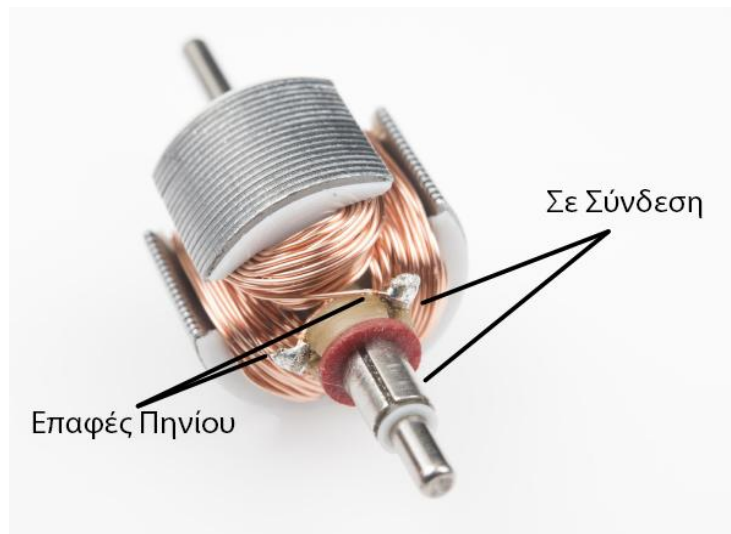
Εικόνα 2.10: Σταδία ενεργοποίησης περιελίξεων

Καθώς οι περιελίξεις ενεργοποιούνται, έλκονται προς τους μαγνήτες που βρίσκονται γύρω από τον κινητήρα. Αυτό περιστρέφει τον κινητήρα έως ότου οι ψήκτρες να έρθουν σε επαφή με ένα νέο ζεύγος επαφών συλλέκτη. Αυτή η νέα επαφή ενεργοποιεί ένα νέο ζεύγος περιελίξεων και ξεκινά και πάλι τη διαδικασία. Για την αντιστροφή της κατεύθυνσης του κινητήρα, απλά αντιστρέφεται η πολικότητα στις επαφές του κινητήρα. Κάθε σύρμα ενός πηνίου είναι συνδεδεμένο στις δύο πλησιέστερες επαφές συλλέκτη. Γίνεται χρήση μονού αριθμού περιελίξεων για να εμποδίσει τον κινητήρα να κλειδωθεί σε μια σταθερή κατάσταση. Επίσης περισσότερα σύνολα περιελίξεων βοηθούν στην εξάλειψή του φαινομένου οδοντωτής περιστροφής.



Εικόνα 2.11: Τα μέρη ενός ηλεκτρικού κινητήρα με ψήκτρες

- Ψήκτρες - Παρέχει ισχύ από τις επαφές στον οπλισμό μέσω του συλλέκτη
- Επαφές - Τροφοδοτούν τις ψήκτρες με ισχύ προερχόμενη από τον ελεγκτή.
- Συλλέκτης - Κατά την περιστροφή του παρέχει ηλεκτρική ενέργεια στο κατάλληλο ζευγάρι περιελίξεων
- Περιελίξεις - μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε ένα μαγνητικό πεδίο που οδηγεί τον άξονα
- Άξονας - Μεταφέρει τη μηχανική ισχύ του κινητήρα στην εφαρμογή του χρήστη
- Μαγνήτες - Παρέχουν ένα μαγνητικό πεδίο ώστε να γίνεται η προσέλκυση και η απόκρουση των περιελίξεων .
- Ρουλεμάν- ελαχιστοποιεί την τριβή για τον άξονα
- Περίβλημα - Παρέχει προστασία στον τον κινητήρα
- Μειωτήρας - Μειώνει τις στροφές που αποδίδει ο άξονας στον τελικό χρήστη χωρίς μείωση της ροπής.



Εικόνα 2.12: Στροφείο

Γενικότερα η χρήση μειωτήρων γίνεται για τέσσερις περιπτώσεις

- Την αντιστροφή της φοράς μιας περιστροφικής κίνησης.
- Για να αυξήσουμε ή να μειώσουμε την ταχύτητα περιστροφής.
- Να μεταφέρουμε την περιστροφική κίνηση σε διαφορετικό άξονα.
- Να συγχρονίσουμε την περιστροφική κίνηση δύο αξόνων

Οι περισσότεροι μειωτήρες χρησιμοποιούν γρανάζια τα οποία έχουν τα εξής πλεονεκτήματα

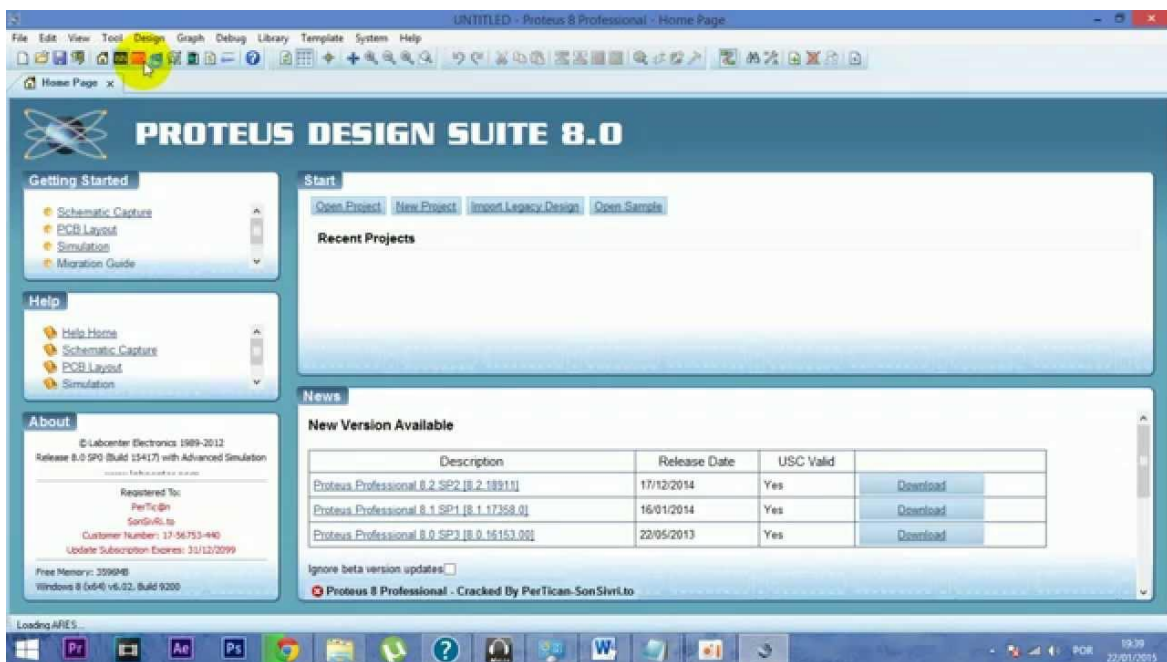
- Αποτρέπουν την ολίσθηση μεταξύ αξόνων , επομένως δυο άξονες συνδεδεμένοι με γρανάζια είναι πάντα συγχρονισμένοι
- Κάνουν εύκολο τον υπολογισμό της σχέσης μετάδοσης , απλά είναι η αναλογία των δοντιών από τα δύο γρανάζια που εμπλέκονται

Στην δική μας υλοποίηση χρησιμοποιούμε μειωτήρα για την μείωση της ταχύτητας περιστροφής

3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1. Κατασκευή ρομποτικού συστήματος - Εισαγωγή

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η κατασκευή ρομποτικού συστήματος , για τον έλεγχο εναέριας κάμερας , πάνω από ένα ποδοσφαιρικό γήπεδο. Για την υλοποίηση της κατασκευής , χρειάστηκε να περάσουμε από αρκετά στάδια. Οι περισσότερες δόκιμες έγιναν μέσω του λογισμικού Proteus, λογισμικό το οποίο δίνει την δυνατότητα κατασκευής και προσομοίωσης ηλεκτρονικών κυκλωμάτων , καθώς και μελέτης διαφόρων αποτελεσμάτων , όπως μελέτη τάσης , κατασκευή και μελέτη κυματομορφών αλλά και δοκιμή διαφόρων εξαρτημάτων, όπως τρανζίστορ, αντιστάσεις, μοτέρ, με σκοπό την καλύτερη λειτουργία του τελικού κυκλώματος.



Εικόνα 3.1: Proteus Design Suite

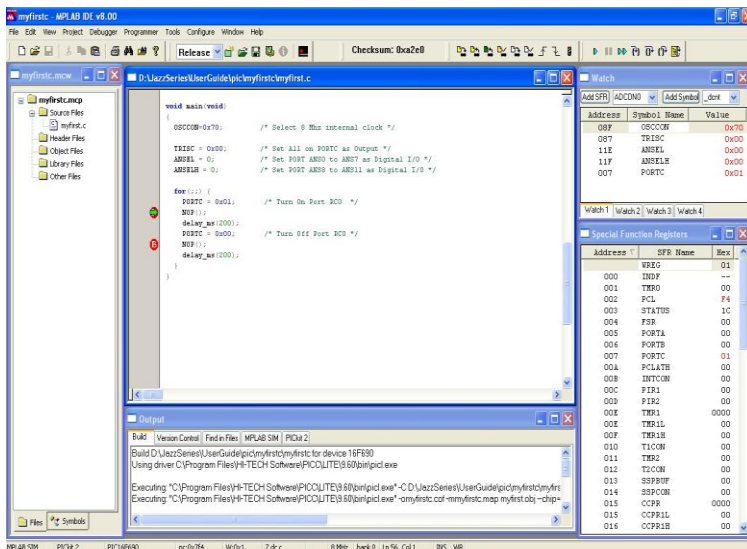
Από την στιγμή που καταλήξαμε στο τελικό κύκλωμα της κατασκευής μας οι υπόλοιπες δοκιμές έγιναν με χρήση breadboard. Στο κομμάτι του προγραμματισμού του PIC 16F887A , χρησιμοποιήσαμε τον PICKIT3 Programmer , ειδικός προγραμματιστής για PIC μικροεπεξεργαστές.

Ανάπτυξη συστήματος ελέγχου εναέριας κάμερας

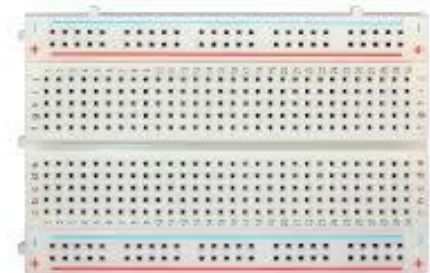


Εικόνα 3.2: Pickit 3 Programmer

Επίσης το λογισμικό που χρησιμοποιήσαμε για την κατασκευή και το φόρτωμα του πηγαίου κώδικα στον μικροεπεξεργαστή είναι το MPLAB IDE.



Εικόνα 3.3: MPLAB IDE



Εικόνα 3.4: Breadboard

3.2. Υλικά κατασκευής

Για την κατασκευή του ρομποτικού βραχίονα χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω εξαρτήματα :

1. PIC 16F887A	
2. PIC 16F887A zif socket	
3. L298N Driver	
4. L298N Driver board	
5. Ψήκτρα	
6. DC Μοτέρ 12V	

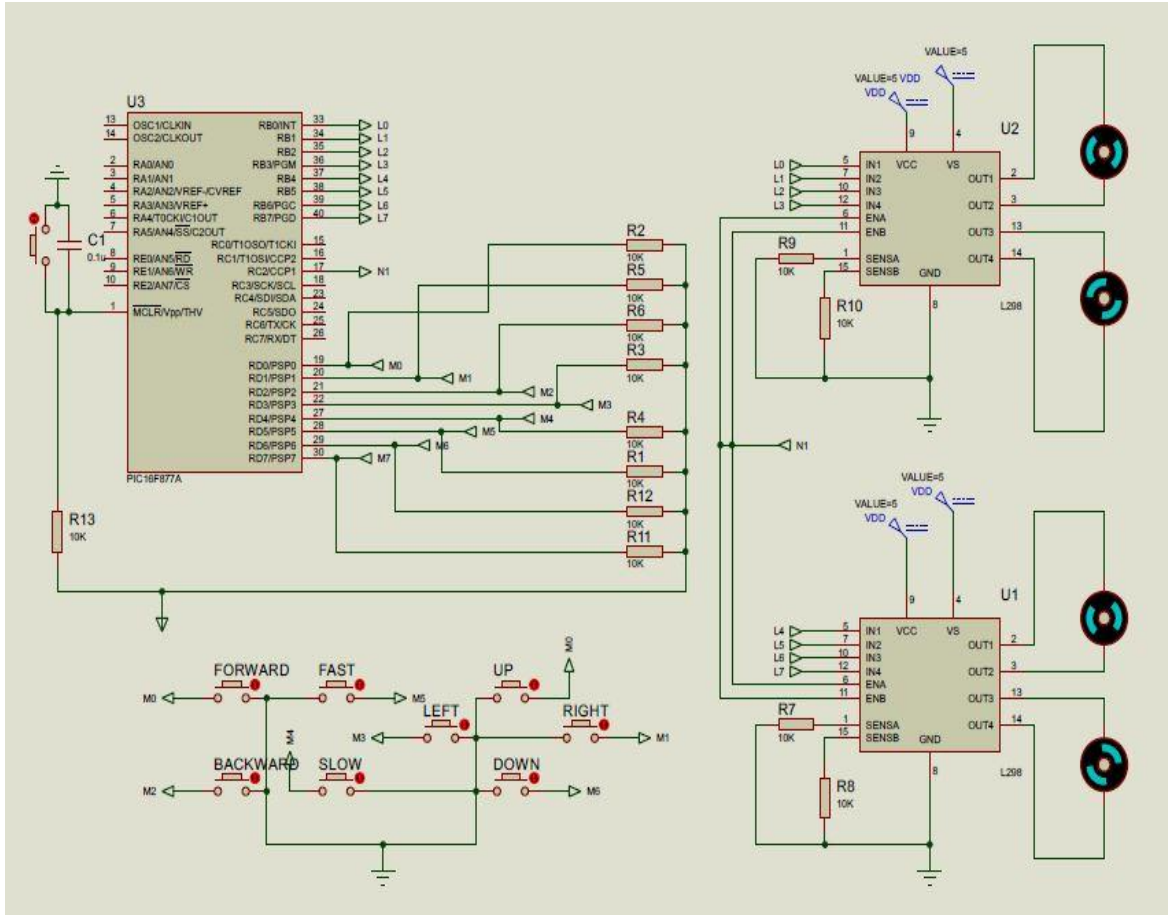
Ανάπτυξη συστήματος ελέγχου εναέριας κάμερας

<p>Τροφοδοτικό 12v 5a</p>	
<p>7. Πυκνωτής 0.1 uF</p>	
<p>8. Αντίσταση 10K</p>	
<p>9. Πλακέτα διάτρητη</p>	
<p>10. Κουμπί</p>	
<p>11. Καπάκι κουμπιού μαύρο</p>	
<p>12. Καπάκι κουμπιού κόκκινο</p>	

<p>13. Θερμοσυστελλόμενο καλώδιο</p>	
<p>14. Jumper wires</p>	
<p>15. Ανεμιστηράκι</p>	
<p>16. Pinheader male</p>	
<p>17. Pinheader female</p>	
<p>18. Κόλληση</p>	

3.3. Ηλεκτρονικό κύκλωμα κατασκευής στο Proteus

Μέσω του Proteus κατασκευάσαμε το ηλεκτρονικό κύκλωμα της κατασκευής μας.



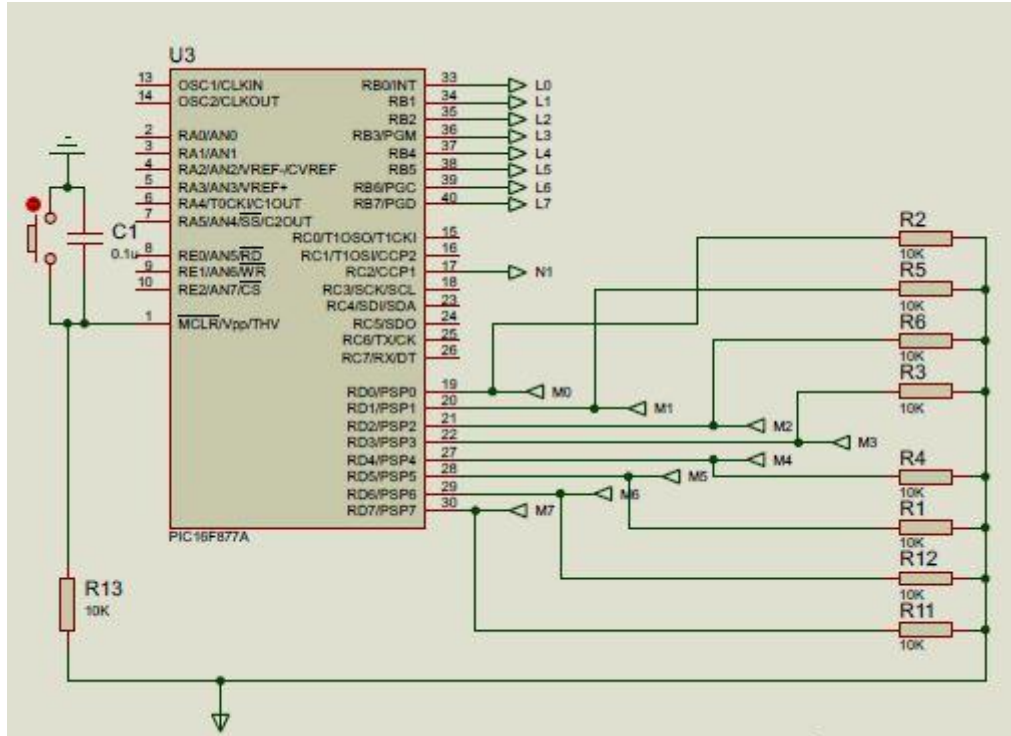
Εικόνα 3.5: Ηλεκτρονικό κύκλωμα κατασκευής στο Proteus

Το κύκλωμα, όπως βλέπουμε και στην εικόνα 3.6, αποτελείται από τρία βασικά κομμάτια :

1. Τον μικροεπεξεργαστή PIC 16F887A

Ο μικροεπεξεργαστής είναι το σημαντικότερο κομμάτι του ρομποτικού συστήματος. Μέσω των παλμών PWM που στέλνουμε από τον μικροεπεξεργαστή, οδηγούμε τα τέσσερα μοτέρ, με αποτέλεσμα την κίνηση του ρομποτικού συστήματος. Όπως παρατηρούμε από την εικόνα 3.6, χρησιμοποιούμε την PORTB ως ψηφιακή έξοδο και την PORTD ως ψηφιακή είσοδο. Την PORTB για την κίνηση των τεσσάρων μοτέρ, ενώ την PORTD για την κατασκευή του τηλεχειριστήριου. Επίσης χρησιμοποιούμε τον ακροδέκτη

RC2/CCP1 της PORTC για τον έλεγχο της ταχύτητας των τεσσάρων μοτέρ μέσω της διαμόρφωσης του εύρους παλμών (PWM). Τέλος, χρησιμοποιούμε τροφοδοτικό στα 5V και τον συνδέουμε στον ακροδέκτη 1 του PIC.

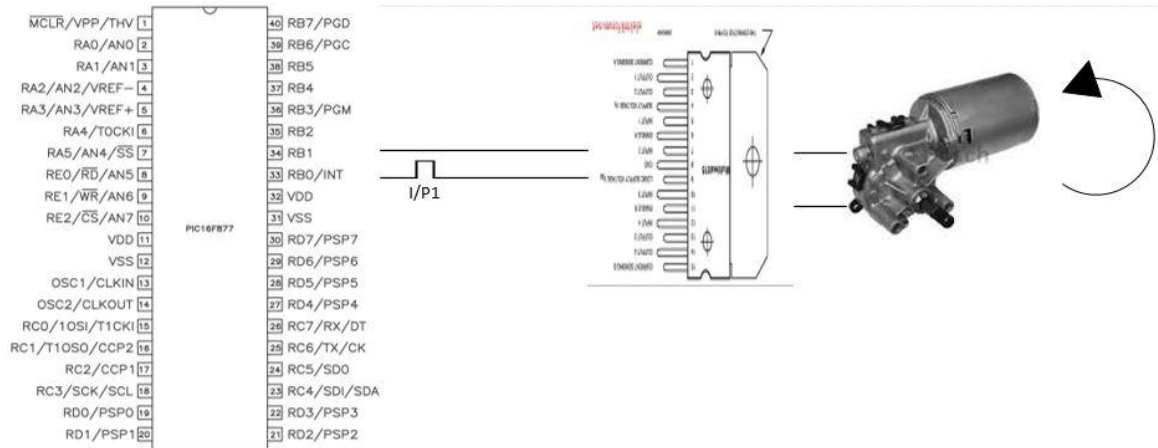


Εικόνα 3.6: Συνδέσεις του PIC 16F887A

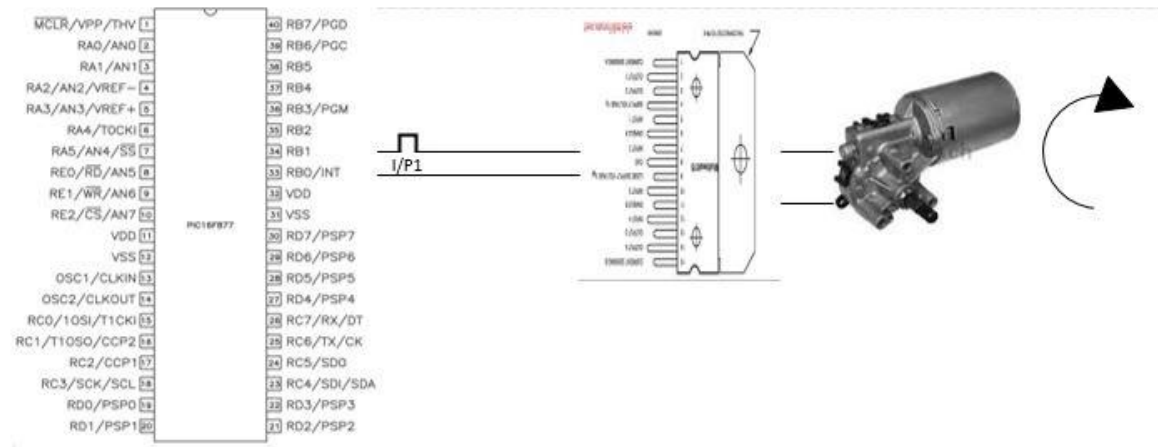
Πιο αναλυτικά:

Στην PORTB οι ακροδέκτες RBO (33) και RB1 (34) χρησιμοποιούνται για την κίνηση του ενός μοτέρ , που είναι συνδεδεμένος στον πρώτο L298N. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω σημάτων low και high που στέλνουμε στον οδηγό των μοτέρ. Όταν θέλουμε να κινήσουμε το μοτέρ προς τη μια κατεύθυνση στέλνουμε μέσω του ακροδέκτη RBO σήμα high , ενώ μέσω του ακροδέκτη RB1 σήμα low. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την δεξιόστροφη κίνηση του μοτέρ. Όταν πράξω το αντίθετο , το μοτέρ θα κινηθεί αριστερόστροφα.

Ανάπτυξη συστήματος ελέγχου εναέριας κάμερας



Εικόνα 3.7: Αριστερόστροφη περιστροφή του μοτέρ



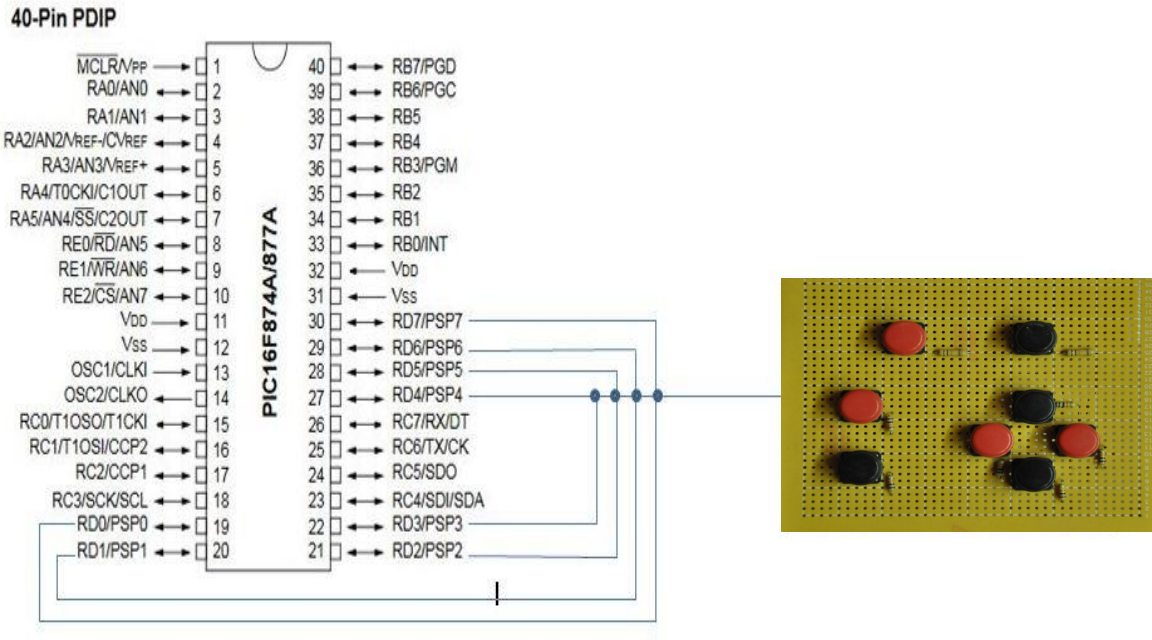
Εικόνα 3.8: Δεξιόστροφη περιστροφή του μοτέρ

Χρησιμοποιώντας και τα υπόλοιπα ζευγάρια του PIC με τον ίδιο τρόπο, κινώ δεξιόστροφα και αριστερόστροφα και τα υπόλοιπα μοτέρ. Για το δεύτερο μοτέρ χρησιμοποιώ το ζευγάρι RB2 και RB3, για το τρίτο μοτέρ χρησιμοποιώ το ζευγάρι RB4 και RB5, και για το τέταρτο μοτέρ χρησιμοποιώ το ζευγάρι RB6 και RB7.

Την PORTD του PIC την χρησιμοποιήσαμε ως ψηφιακή είσοδος για την σύνδεση του PIC με το τηλεχειριστήριο. Οι ακροδέκτες από RD0 μέχρι RD7, συνδέονται με διακόπτες που βρίσκονται στο τηλεχειριστήριο, και ανάλογα με το κουμπί που πατάω, κάποιος από τους παραπάνω ακροδέκτες δέχεται 5V, Όταν αυτό συμβεί

Ανάπτυξη συστήματος ελέγχου εναέριας κάμερας

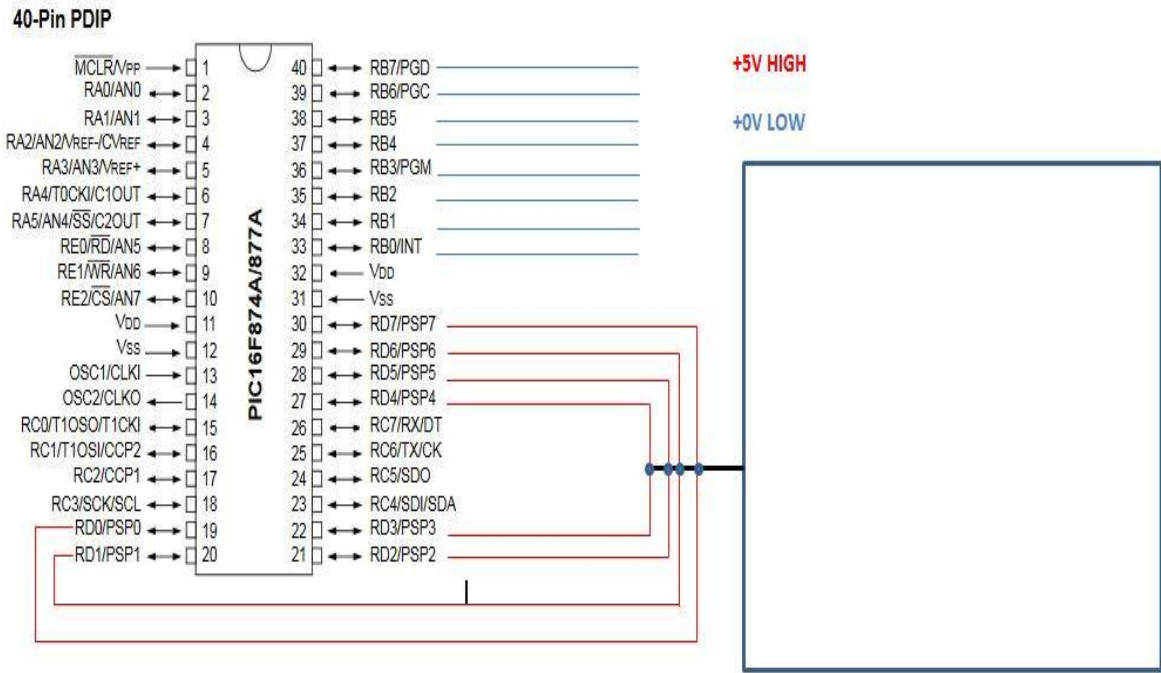
κάποιοι από τους ακροδέκτες της PORTB, τροφοδοτούν τον L298N, με αποτέλεσμα κάποιο ή κάποια από τα μοτέρ να κινηθούν.



Εικόνα 3.9: Σύνδεση PIC με χειριστήριο

Πιο συγκεκριμένα:

Όταν το ρομπωτικό σύστημα δεν κινείται τότε όλες οι εισόδους της PORTD βρίσκονται συνδεδεμένες με την είσοδο 5V του PIC, οπότε και λαμβάνουν σήμα λογικό 1. Από την στιγμή που κάποιο από τα κουμπιά του χειριστηρίου πατηθεί τότε ο αντίστοιχος ακροδέκτης από λογικό 1 γίνεται λογικό 0 και μέσω του PIC , ενεργοποιείται και κάποια ή κάποιες από τις εξόδους της PORTB.



Εικόνα 3.10: Σύνδεση PIC με χειριστήριο. Κατάσταση low και high των PORTB και PORTD όταν δεν έχω κίνηση

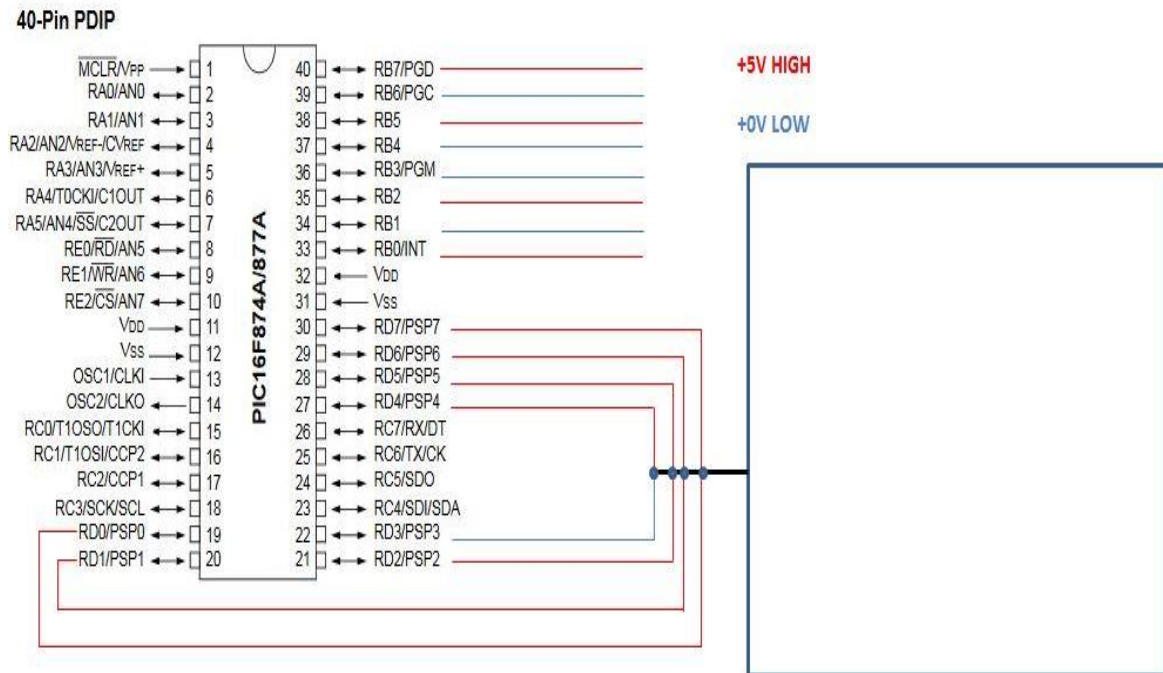
Για παράδειγμα, για να κινηθεί το ρομποτικό σύστημα αριστερά του προκαθορισμένου χώρου, στην δική μας περίπτωση αριστερά του γηπέδου, πατώντας το κουμπί B που έχει καθοριστεί για την αριστερή κίνηση, ο ακροδέκτης RD3, από λογικό 1 γίνεται λογικό 0, με αποτέλεσμα οι έξοδοι RB0, RB2, RB5 και RB7 να γίνουν από λογικό 0 σε λογικό 1, ενώ οι έξοδοι RB1, RB3, RB4 και RB6 να παραμείνουν σε λογικό 0. Αυτό εξηγείται από τον κωδικό που τρέχει στον μικροεπεξεργαστή PIC και συγκεκριμένα το κομμάτι :

```

If (PORTD.F3==0)
{
PORTB = 0xA5;
}

```

Όπως εξηγήσαμε παραπάνω, μόλις ο ακροδέκτης F3, δηλαδή ο ακροδέκτης RD3 έχει είσοδο λογικό 0, η PORTB θα έχει έξοδο 0xA5, δηλαδή 1010 0101, αυτό έχει ως αποτέλεσμα την δεξιόστροφη κίνηση των μοτέρ ένα και δυο, και την αριστερόστροφη κίνηση των μοτέρ τρία και τέσσερα. Αργότερα θα αναλυθούν όλες οι κινήσεις του ρομποτικού συστήματος, ανάλογα με την περιστροφή των τεσσάρων μοτέρ.

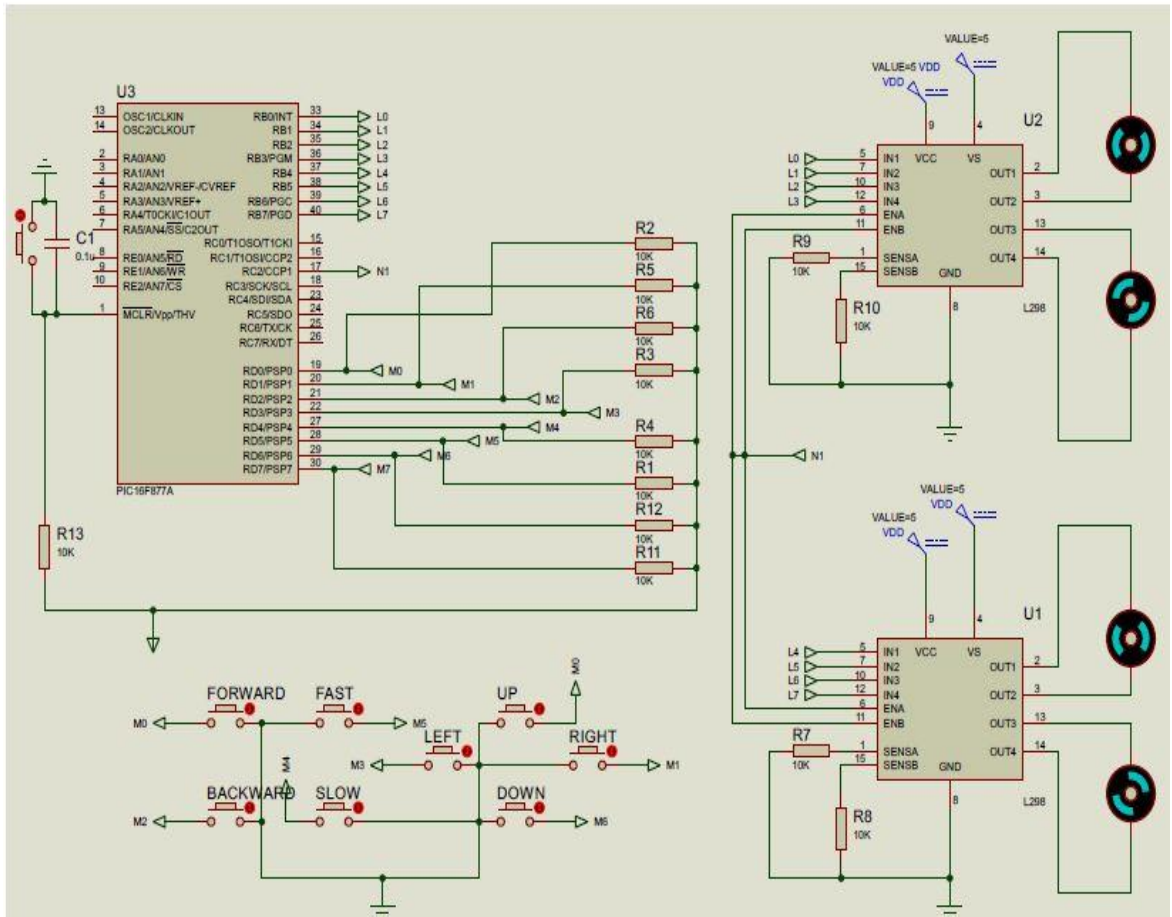


Εικόνα 3.11: Σύνδεση PIC με χειριστήριο. Κατάσταση low και high των PORTB και PORTD όταν έχω κίνηση αριστερά

Έκτος από την κίνηση στον χώρο, η PORTD χρησιμοποιείται και για τον έλεγχο της ταχύτητας των μοτέρ μέσω των ακροδεκτών RD4 και RD5. Όταν κάποια από αυτές τις δυο εισόδους γίνει από λογικό 1 σε λογικό 0, τότε μέσω του κώδικα αυξάνω ή μειώνω το εύρος παλμών, άρα και την ταχύτητα των μοτέρ. Η ταχύτητα μεταφέρεται μέσω του τελευταίου κομματιού της συνδεσμολογίας του PIC 16F887A που είναι ο ακροδέκτης RC2/CCP1 της PORTC. Ο ακροδέκτης RC2/CCP1 είναι συνδεδεμένος με τις πόρτες enable του L298N.

2. Τους δυο L298N οδηγούς για τα τέσσερα DC μοτέρ

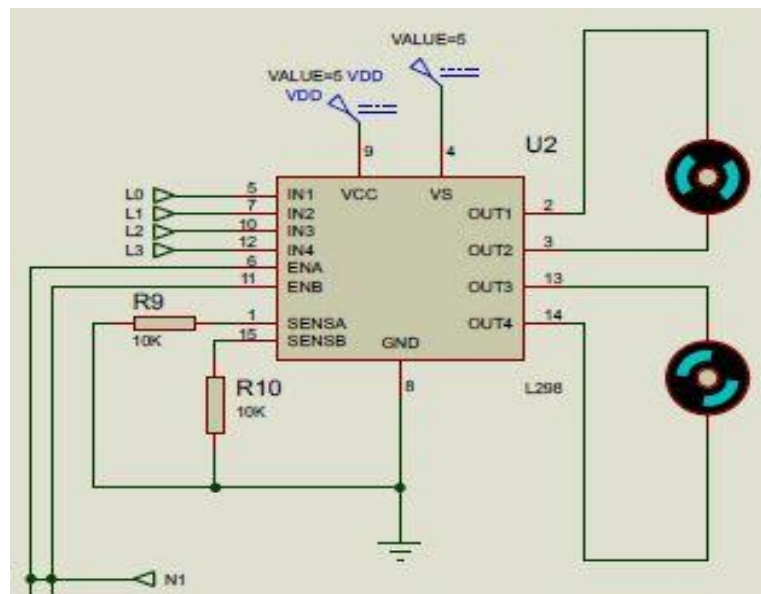
Το ολοκληρωμένο L298N βασίζεται στην λειτουργία της γέφυρας “H”. Χάρη στους δυο L298N μπορούμε να οδηγήσουμε και τα τέσσερα μοτέρ. Παρακάτω βλέπουμε την σύνδεση των δυο L298N με τον μικροεπεξεργαστή PIC.



Εικόνα 3.12: Σύνδεση PIC με τα ολοκληρωμένα κυκλώματα L298N

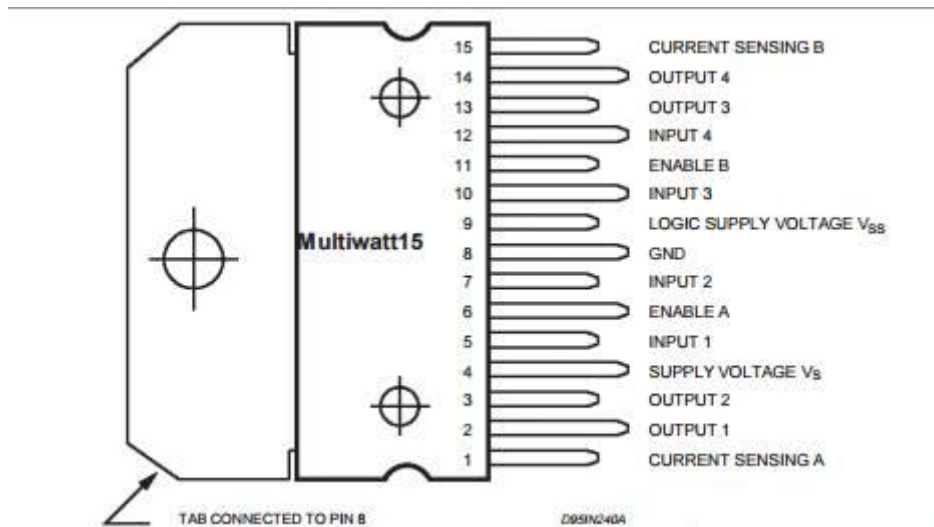
Παρατηρούμε ότι με κάθε ολοκληρωμένο μπορούμε να οδηγήσουμε δυο μοτέρ. Για να το καταφέρουμε αυτό έχουμε την εξής συνδεσμολογία.

Συνδεσμολογία L298N:



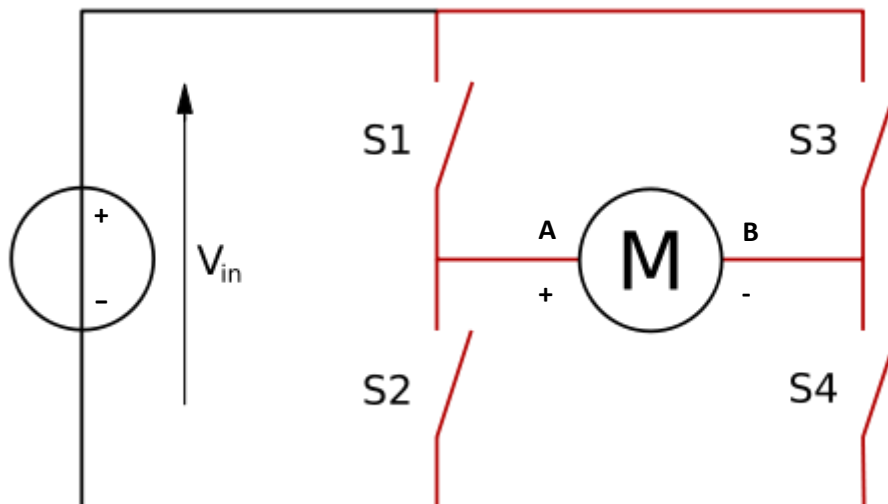
Εικόνα 3.13: Συνδεσμολογία L298N

Οι βασικές συνδέσεις του ολοκληρωμένου είναι οι τέσσερις εισόδους IN1, IN2, IN3 και IN4 και οι τέσσερις εξόδους OUT1, OUT2, OUT3 και OUT4. Χρησιμοποιούμε δυο εισόδους και δυο εξόδους για κάθε μοτέρ. Επίσης έχουμε τις εισόδους ENA και ENB οι οποίες χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της ταχύτητας των δυο μοτέρ. Η τροφοδοσία του ολοκληρωμένου γίνεται μέσω του ακροδέκτη VCC και είναι στα 5V. Η τροφοδοσία των δυο μοτέρ γίνεται μέσω του ακροδέκτη VS και είναι στα 12V. Τέλος έχουμε την σύνδεση με την γείωση μέσω του ακροδέκτη GND και τις δυο συνδέσεις SENSEA και SENSEB που είναι συνδεδεμένα μέσω μιας αντίστασης 10K με την γείωση και χρησιμοποιούνται ώστε να μετράμε σε πραγματικό χρόνο το ρεύμα στα δυο μοτέρ. Έτσι έχουμε την δυνατότητα να ελέγχουμε ώστε το ρεύμα στα δυο μοτέρ να μην είναι ποτέ πάνω από 2A.



Εικόνα 3.14: Σχηματικό διάγραμμα του L298N

Η λειτουργία του L298N βασίζεται στην γέφυρα H.



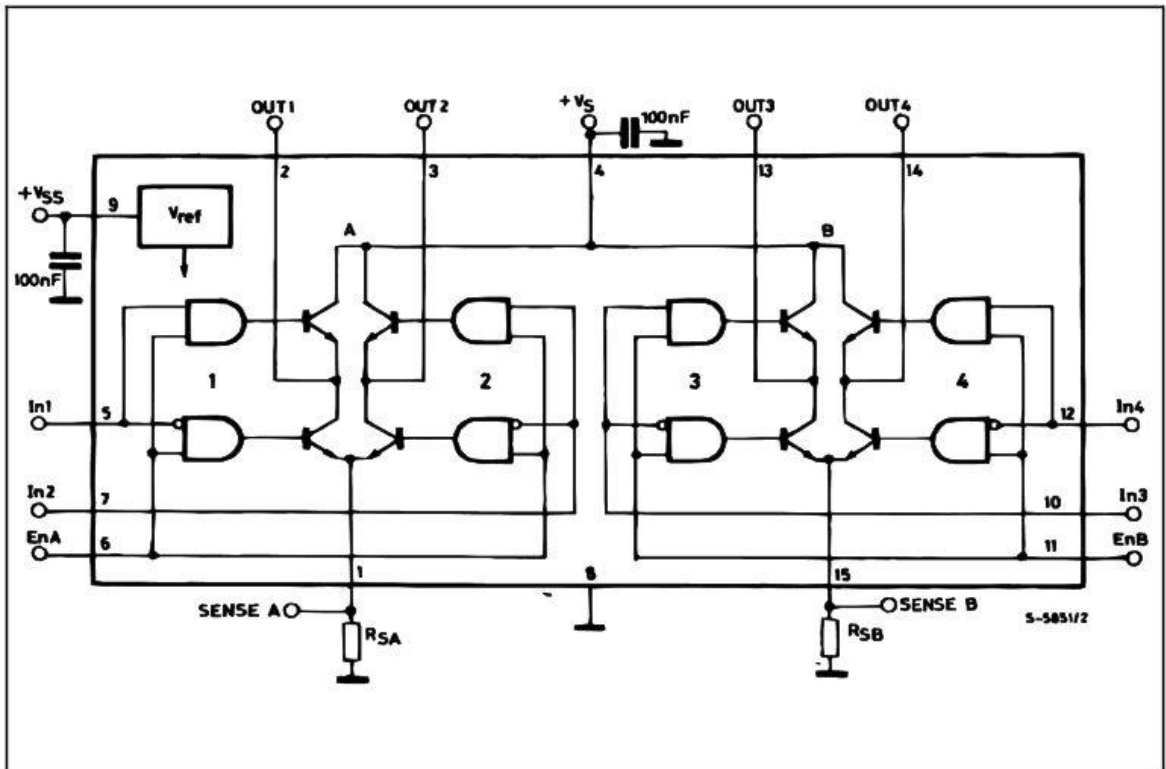
Εικόνα 3.15: Λειτουργία γέφυρας H

Προκειμένου να αλλάξει η φορά περιστροφής ενός κινητήρα θα πρέπει να αλλάξει η πολικότητα της τάσης τροφοδοσίας στα τυλίγματα του. Για αυτόν τον λόγο χρησιμοποιούμε την γέφυρα H. Σύμφωνα με την λειτουργία της γέφυρας H, ο κινητήρας τροφοδοτείται στα σημεία A και B. Από το παραπάνω σχήμα γίνεται εύκολα κατανοητό ότι μπορώ να έχω τέσσερις καταστάσεις λειτουργίας :

- a) Οι διακόπτες S1 και S2 είναι κλειστοί διακόπτες ενώ οι S3 και S4 είναι ανοικτοί, τότε στο σημείο A εφαρμόζεται σήμα λογικό 1, δηλαδή το + της

- τροφοδοσίας, και στο σημείο B σήμα λογικό 0, δηλαδή το – της τροφοδοσίας, τότε ο κινητήρας κινείται δεξιόστροφα.
- b) Οι διακόπτες S1 και S2 είναι ανοικτοί διακόπτες ενώ οι S3 και S4 είναι κλειστοί, τότε στο σημείο A εφαρμόζεται σήμα λογικό 0 ,δηλαδή το “-“ της τροφοδοσίας, και στο σημείο B σήμα λογικό 1, δηλαδή το “+” της τροφοδοσίας, τότε ο κινητήρας κινείται αριστερόστροφα.
- c) Όλοι οι διακόπτες είναι ανοικτοί. Τότε ο κινητήρας δεν κινείται. Κανένα σήμα δεν εφαρμόζεται στον κινητήρα
- d) Όλοι οι διακόπτες είναι κλειστοί. Σε όλους τους διακόπτες εφαρμόζεται σήμα λογικό 1. Τότε ο κινητήρας μπαίνει σε κατάσταση φρένου και δεν κινείται.

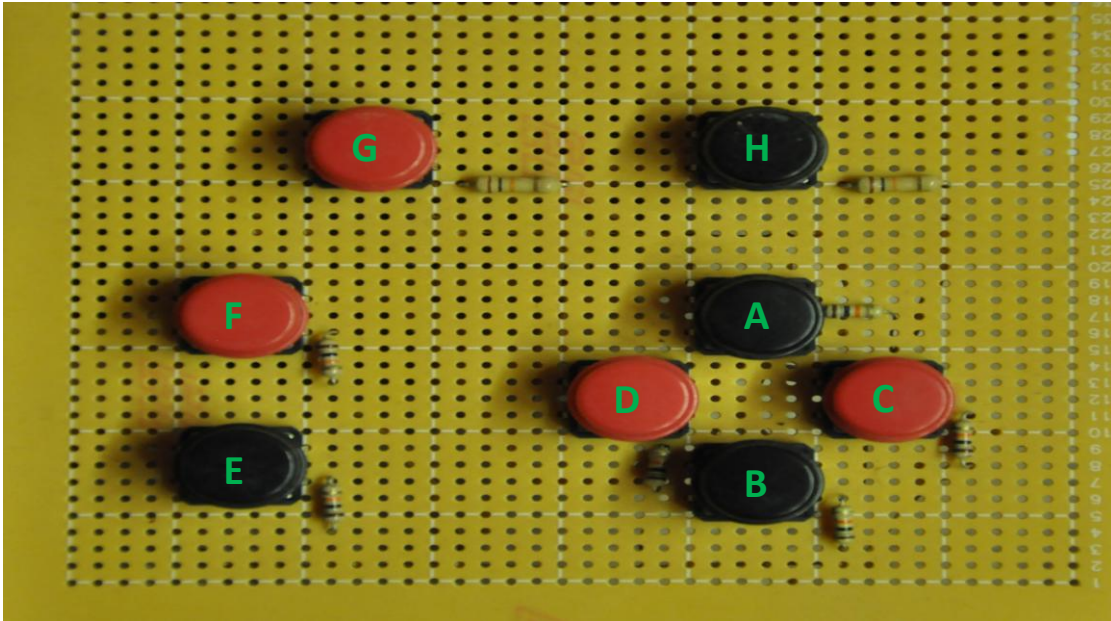
ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΛΗΘΕΙΑΣ L298N			
ENA	IN1	IN2	Περιγραφή
0	N/A	N/A	Ο κινητήρας είναι σε κατάσταση off
1	0	0	Ο κινητήρας είναι σταματημένος (φρένα)
1	0	1	Ο κινητήρας κινείται δεξιόστροφα
1	1	0	Ο κινητήρας κινείται αριστερόστροφα
1	1	1	Ο κινητήρας είναι σταματημένος (φρένα)



Εικόνα 3.16: Block διάγραμμα L298N

3. Το χειριστήριο , για τον έλεγχο της κίνησης του ρομποτικού συστήματος

Για την κίνηση του ρομποτικού συστήματος χρησιμοποιούμε χειριστήριο που κατασκευάσαμε μόνοι μας. Το χειριστήριο αποτελείται από οκτώ κουμπιά.

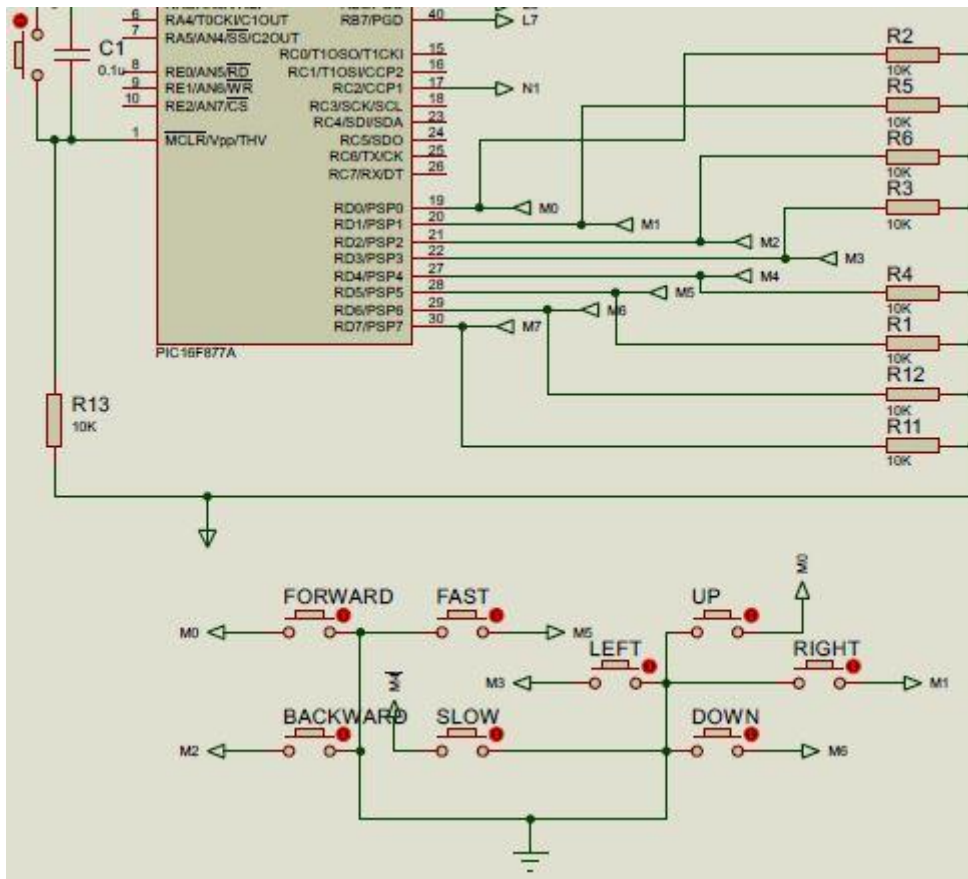


Εικόνα 3.17: Χειριστήριο εκκρεμούς ρομποτικού συστήματος

Τα κουμπιά που βρίσκονται πάνω στο χειριστήριο είναι τα εξείς οκτώ:

1. Το A κουμπί για την κίνηση μπροστά
2. Το B κουμπί για την κίνηση πίσω
3. Το C κουμπί για την κίνηση δεξιά
4. Το D κουμπί για την κίνηση αριστερά
5. Το E κουμπί για την κίνηση κάτω
6. Το F κουμπί για την κίνηση πάνω
7. Το G κουμπί για την μείωση ταχύτητας
8. Το H κουμπί για την αύξηση ταχύτητας

Το χειριστήριο είναι συνδεδεμένο με την PORTD του μικροεπεξεργαστή. Αρχικά θέτω την PORTD ως είσοδο μέσω της εντολής **TRISD = 0xFF**, για να δέχεται σήματα εισόδου από του κουμπιά του χειριστηρίου.



Εικόνα 3.18: Σύνδεση του χειριστηρίου με PIC 16F887A

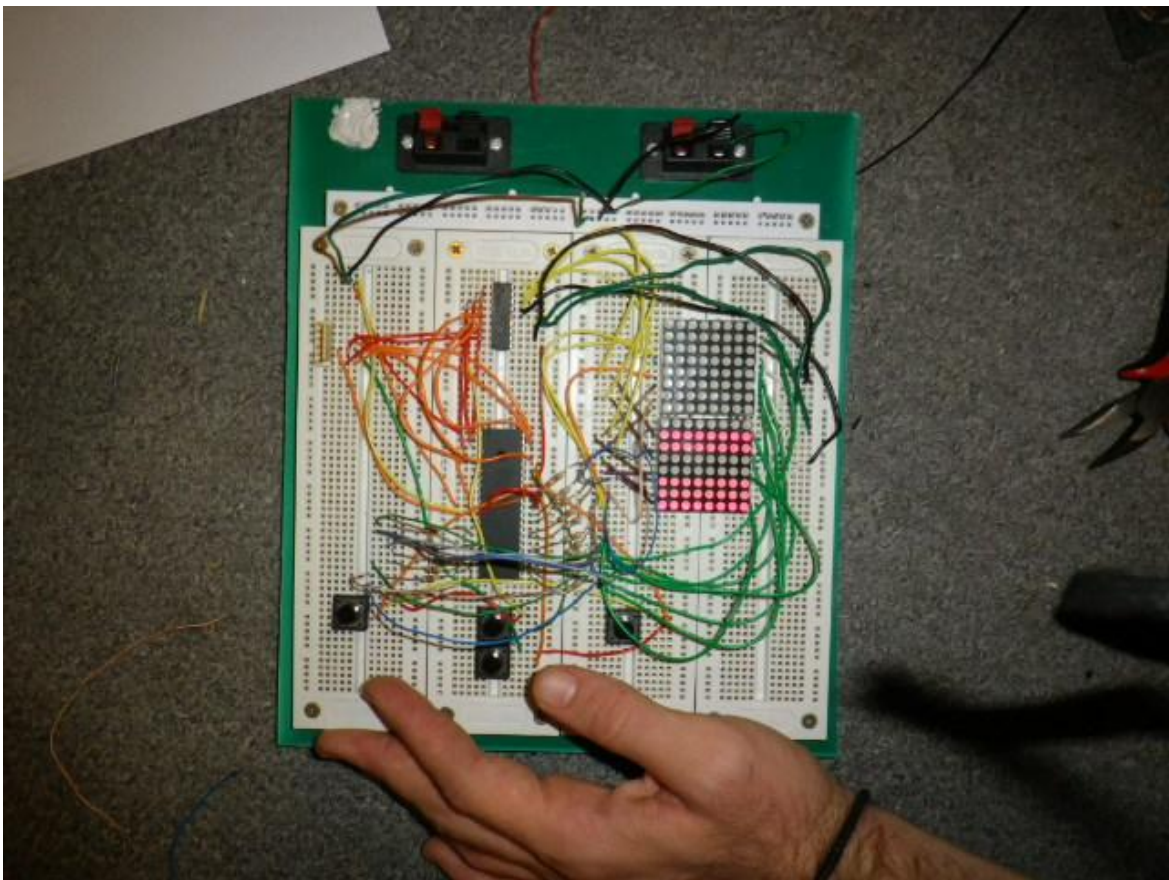
Βλέπουμε ότι τα κουμπιά είναι σε κατάσταση pull down. Δηλαδή από όλα τα κουμπιά στέλνω σήμα λογικό 0 όταν δεν είναι πατημένα. Μόλις κάποιο κουμπί πατηθεί τότε στέλνω σήμα λογικό 1 στην πόρτα του μικροεπεξεργαστή που είναι το κουμπί συνδεδεμένο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την κίνηση των τεσσάρων μοτέρ. Η αντιστοίχιση των κουμπιών του χειριστηρίου με τον PIC έχει ως εξής:

- Το κουμπί για την κίνηση μπροστά είναι συνδεδεμένο με τον ακροδέκτη RD0(19)
- Το κουμπί για την κίνηση πίσω είναι συνδεδεμένο με τον ακροδέκτη RD2(21)
- Το κουμπί για την κίνηση δεξιά είναι συνδεδεμένο με τον ακροδέκτη RD1(20)
- Το κουμπί για την κίνηση αριστερά είναι συνδεδεμένο με τον ακροδέκτη RD3(22)
- Το κουμπί για την κίνηση κάτω είναι συνδεδεμένο με τον ακροδέκτη RD6(29)
- Το κουμπί για την κίνηση πάνω είναι συνδεδεμένο με τον ακροδέκτη RD7(30)
- Το κουμπί για την αύξηση της ταχύτητας είναι συνδεδεμένο με τον ακροδέκτη RD5(28)
- Το κουμπί για την μείωση της ταχύτητας είναι συνδεδεμένο με τον ακροδέκτη RD4(27)

4. Κεφάλαιο 4

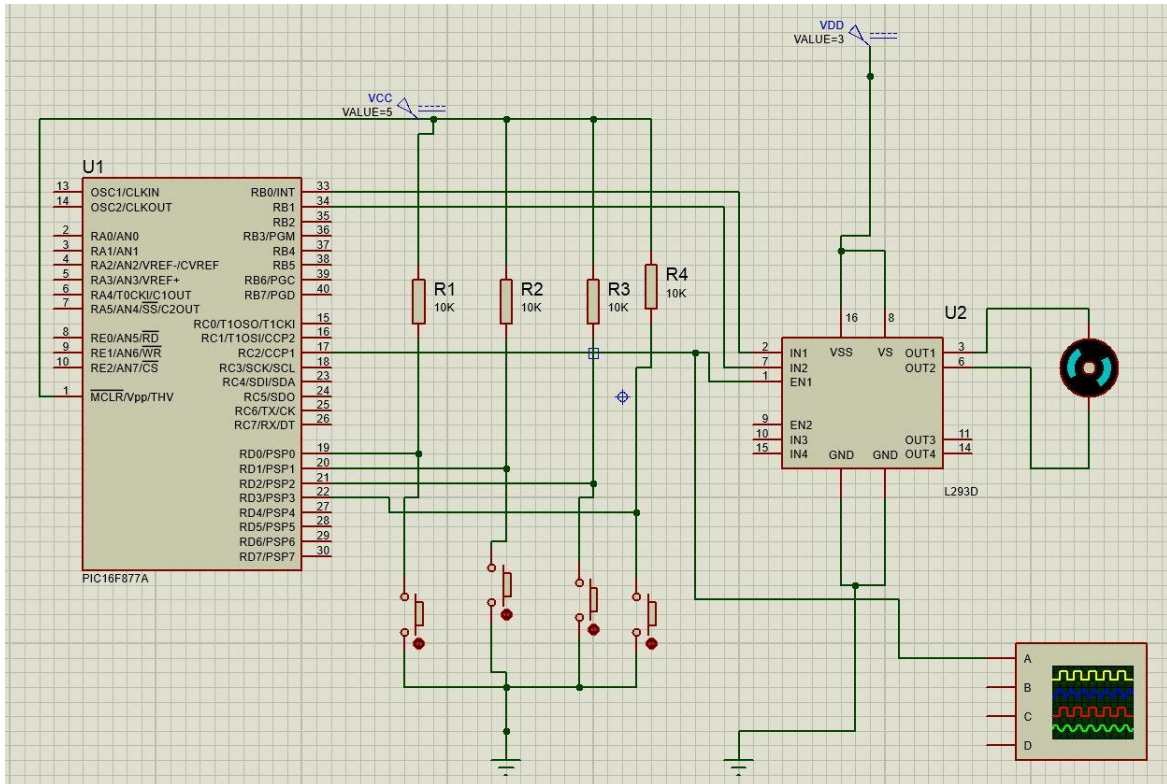
4.1. Πορεία κατασκευής ρομποτικού συστήματος

Στα αρχικά στάδια της κατασκευής για την δοκιμή , χρησιμοποιήσαμε breadboard και DC μοτέρ 5V. Οι αρχικές δοκιμές έγιναν μονό με ένα μοτέρ και όχι με τέσσερα.



Εικόνα 4.1: Αρχικά στάδια της κατασκευής



Στα αρχικά στάδια της κατασκευής , οι δοκιμές έγιναν μόνο με έναν L293D και ένα DC μοτέρ 5v.



Εικόνα 4.2: Σχεδίαση του κυκλώματος με ένα μοτέρ στο Proteus

Επίσης στην θέση του ολοκληρωμένου L298N χρησιμοποιήσαμε L293D , αφού η τάση λειτουργίας των μοτέρ για τα τεστ ήταν πολύ μικρότερη.

Βασικές διαφορές Ολοκληρωμένου L293D και L298N

	L298N	L293D
		
Max Supply Voltage	40V	36V
Peak Output Current	2.5A	1.2A
Continuous Output Current	2A	0.6A
Power Dissipation	25W	5W

Ανάπτυξη συστήματος ελέγχου εναέριας κάμερας

Στην συνέχεια κατασκευάσαμε την μακέτα πάνω στην οποία τοποθετήσαμε το ρομποτικό σύστημα.



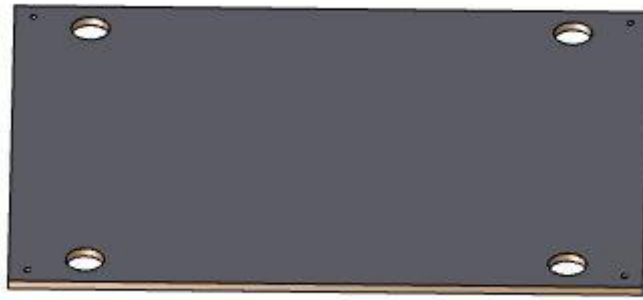
Εικόνα 4.3: Κατασκευή μακέτας για το ρομποτικό σύστημα

4.2. Κατασκευή μακέτας ρομποτικού συστήματος

Οι κύριες κατασκευές της μακέτας είναι :

- Βάση (πλατφόρμα)

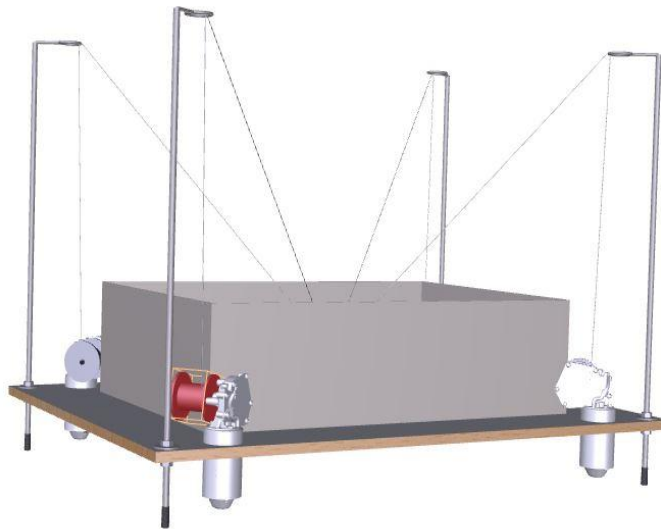
Για την βάση της κατασκευής χρησιμοποιήσαμε ξύλο mad διαστάσεων 100cm x 75cm . Στις τέσσερις γωνίες της πλατφόρμας , χρησιμοποιώντας ποτηροτρύπανο , δημιουργήσαμε τέσσερις βάσεις για τα τέσσερα DC μοτέρ. Επίσης , δίπλα στις βάσεις για τα μοτέρ , τοποθετήσαμε τέσσερις ντίζες , μέσω των οποίων το μεταλλικό βαρίδι συνδέεται με το καρούλι.



Εικόνα 4.4: 3D μοντέλο βάσης κατασκευής

- Καρούλια

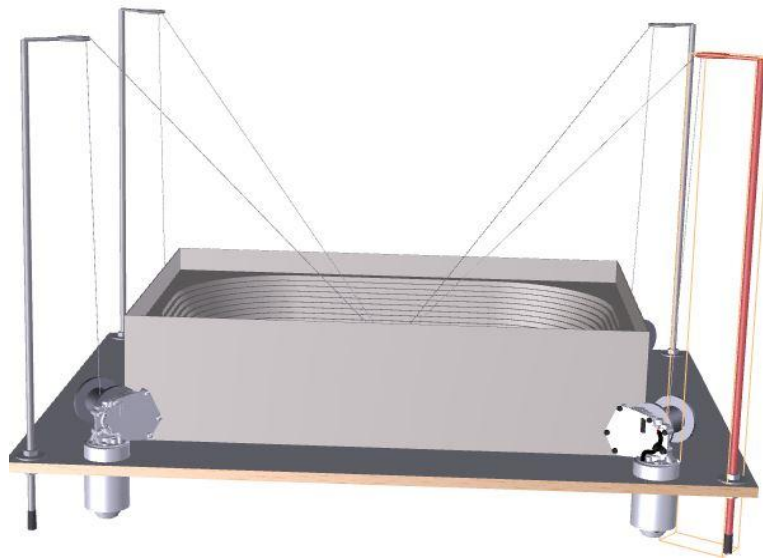
Για την κατασκευή των καρουλιών χρησιμοποιήσαμε σουηδικό ξύλο και μέσω τόρνου δημιουργήσαμε το τελικό σχήμα του καρουλιού. Τα καρούλια είναι τοποθετημένα πάνω στα τέσσερα μοτέρ , ενώ μέσω νήματος που είναι τυλιγμένο στο καρούλι , μπορούμε και κινούμε το μεταλλικό βαρίδι . Η διάμετρος του καρουλιού είναι 2cm στο εσωτερικό και 5.5 cm στα τοιχώματα



Εικόνα 4.5: 3D μοντέλο καρουλιού

- Ντίζες

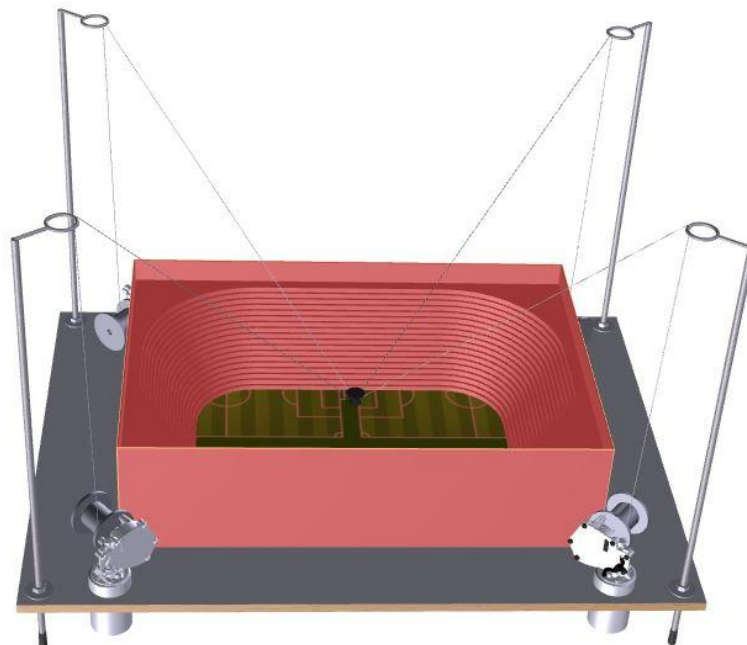
Στις τέσσερις γωνίες της πλατφόρμας είναι συνδεδεμένες τέσσερις ντίζες . Στην κορυφή της κάθε ντίζας , είναι κολλημένη μια θηλιά μέσα από την όποια διέρχεται το νήμα που ενώνει το κάθε καρούλι με το μεταλλικό βαρίδι. Το μήκος της κάθε ντίζας είναι 70 cm.



Εικόνα 4.6: 3D μοντέλο ντιζας

- Μακέτα (γήπεδο)

Στο εσωτερικό της ξύλινης πλατφόρμας έχουμε τοποθετήσει μακέτα γηπέδου διαστάσεων 72cm x 52cm x 18cm. Η μακέτα του γηπέδου είναι και ο χώρος εργασίας της εναέριας κάμερας.



Εικόνα 4.7: 3D μακέτα γηπέδου

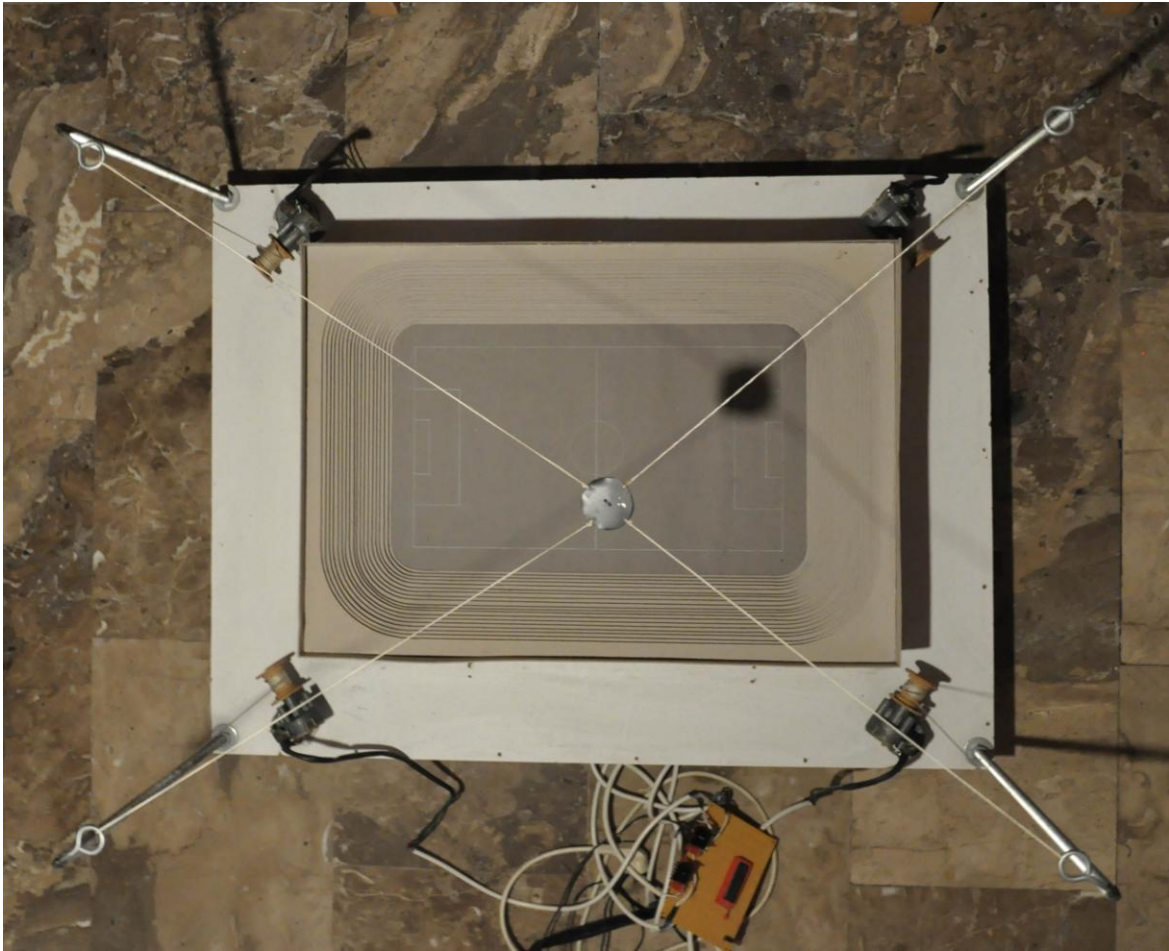
- **Μεταλλικό βαρίδι (προσημείωση κάμερας)**
Για την προσημείωση της εναέριας κάμερας που θα κινείται μέσω των τεσσάρων μοτέρ χρησιμοποιήσαμε μεταλλικό βαρίδι , το οποίο μέσω σημείου πρόσδεσης συνδέεται στα τέσσερα μοτέρ

4.3. Τελική κατασκευή

Τα βασικά υλικά για την υλοποίηση του ρομποτικού συστήματος είναι τα παρακάτω:

- 1. PIC 16F887A**
- 2. Δυο ολοκληρωμένα L298N**
- 3. Τέσσερα DC Μοτέρ 12V από υαλοκαθαριστήρες αυτοκίνητου**
- 4. Δυο τροφοδοτικά 12v 5a**

Στις παρακάτω εικόνες βλέπουμε το τελικό αποτέλεσμα του ρομποτικού συστήματος.



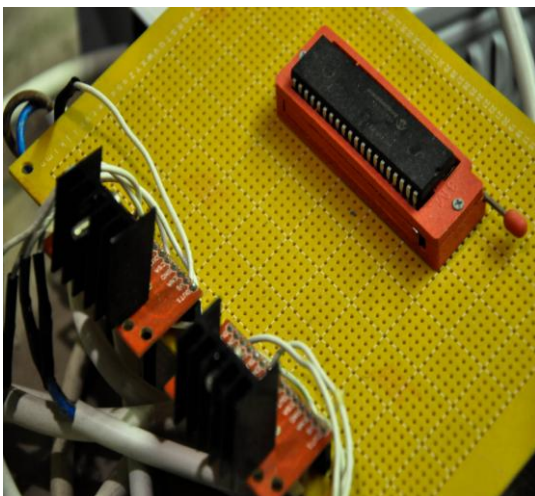
Εικόνα 4.8: Πανοραμική άποψη του ρομποτικού συστήματος

Ανάπτυξη συστήματος ελέγχου εναέριας κάμερας

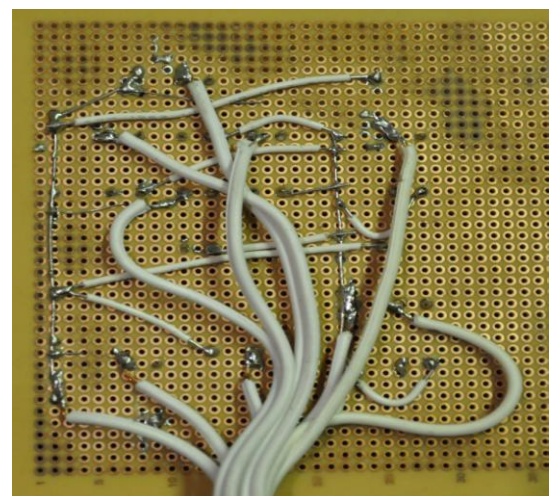


Εικόνα 4.9: Εκκρεμες Ρομποτικό σύστημα

Στις παρακάτω δυο εικόνες βλέπουμε την μπροστά και την πίσω όψη του κυκλώματος πάνω στην διάτρητη πλακέτα.



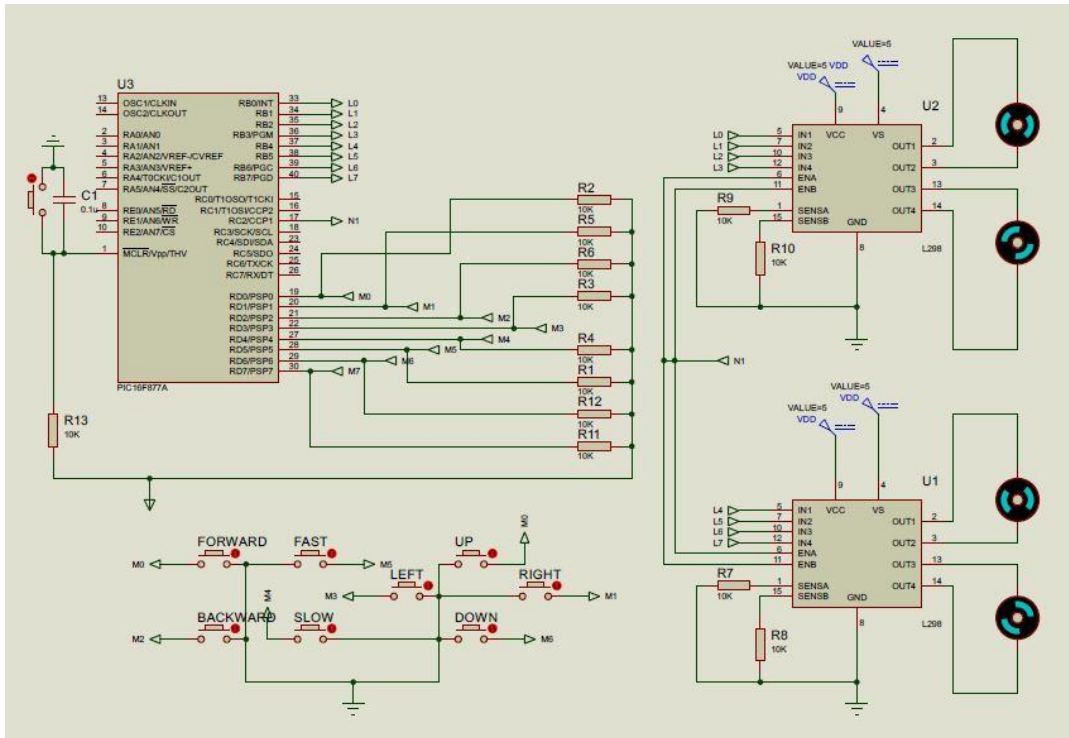
Εικόνα 4.10: Μπροστά όψη - Κύκλωμα



Εικόνα 4.11: Πίσω όψη - Κύκλωμα

Ανάπτυξη συστήματος ελέγχου εναέριας κάμερας

Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε το σχηματικό κύκλωμα του ρομποτικού συστήματος μέσω του προγράμματος Proteus.



Εικόνα 4.12: Σχηματικό κύκλωμα του ρομποτικού συστήματος

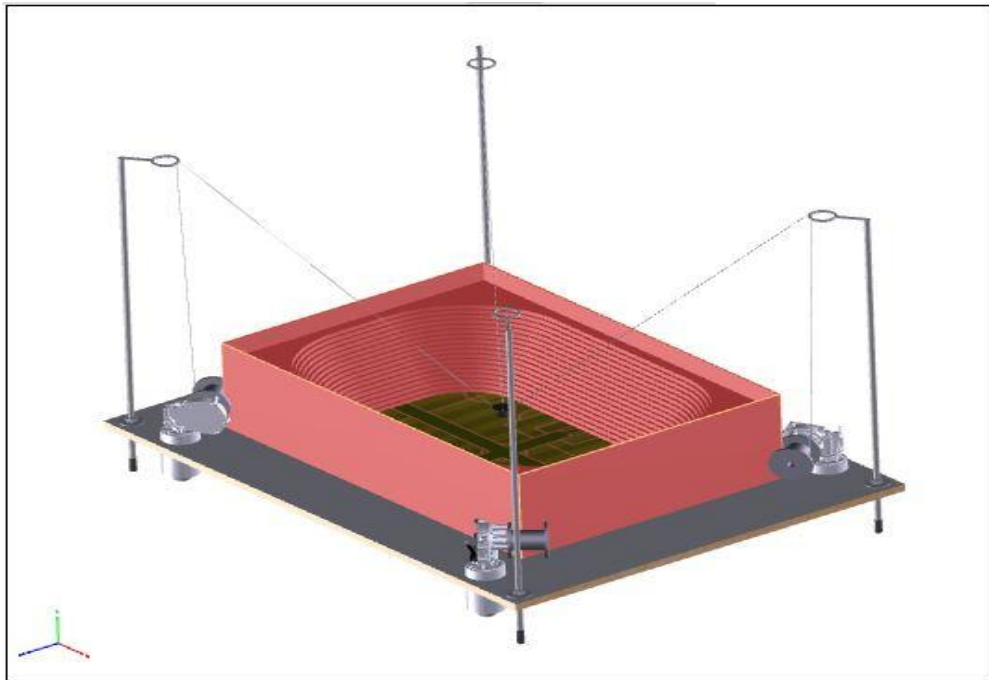
4.4. 3D απεικόνιση του ρομποτικού συστήματος

1. Με κόκκινο χρώμα είναι ο ένας από τους τέσσερις πυλώνες , μέσω των οποίων το ρομποτικό σύστημα θα κινεί την κάμερα.



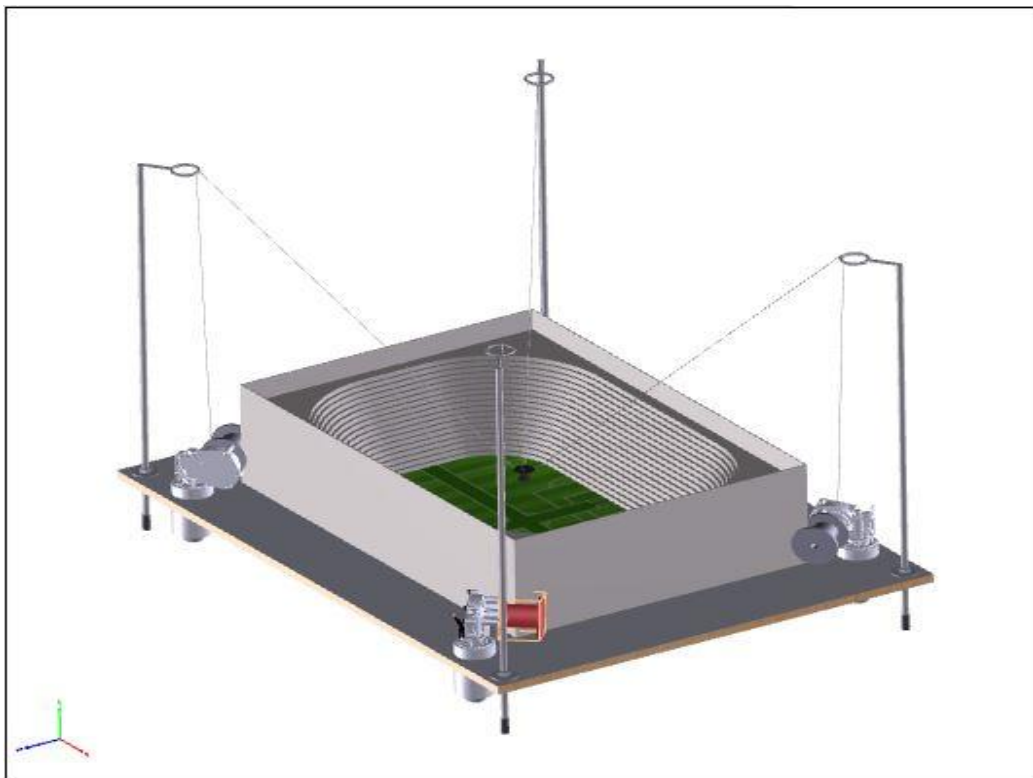
Εικόνα 4.13: 3D απεικόνιση του ρομποτικού συστήματος – Νο1

2. Με κόκκινο χρώμα είναι ο χώρος εργασίας μέσα στον οποίο το εκκρεμές ρομποτικό σύστημα θα μπορεί να κινεί την κάμερα



Εικόνα 4.14: 3D απεικόνιση του ρομποτικού συστήματος – Νο2

3. Με κόκκινο χρώμα είναι το καρούλι πάνω στο οποίο είναι τυλιγμένο το νήμα πάνω στο οποίο είναι δεμένη η κάμερα

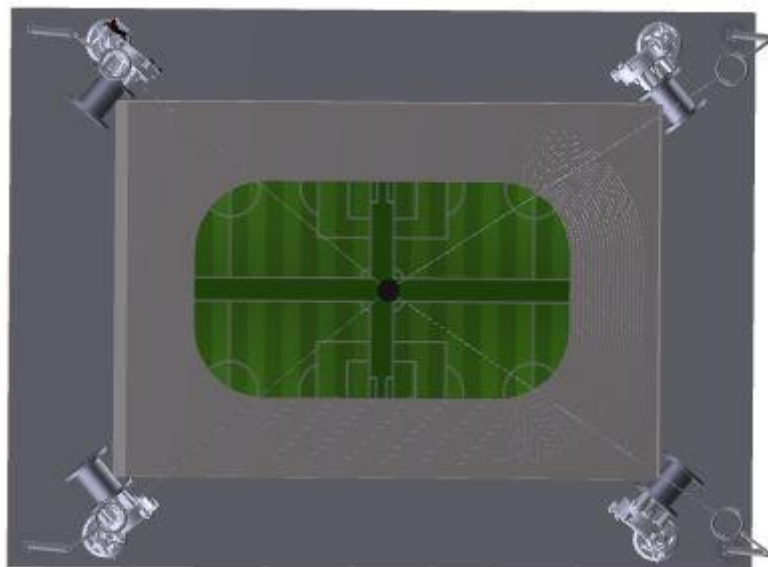


Εικόνα 4.15: 3D απεικόνιση του ρομποτικού συστήματος – Νο3

4. Με κόκκινο χρώμα είναι το ένα από τα τέσσερα μοτέρ , τα όποια θα κινούν την κάμερα



Εικόνα 4.16: 3D απεικόνιση του ρομποτικού συστήματος – Νο4



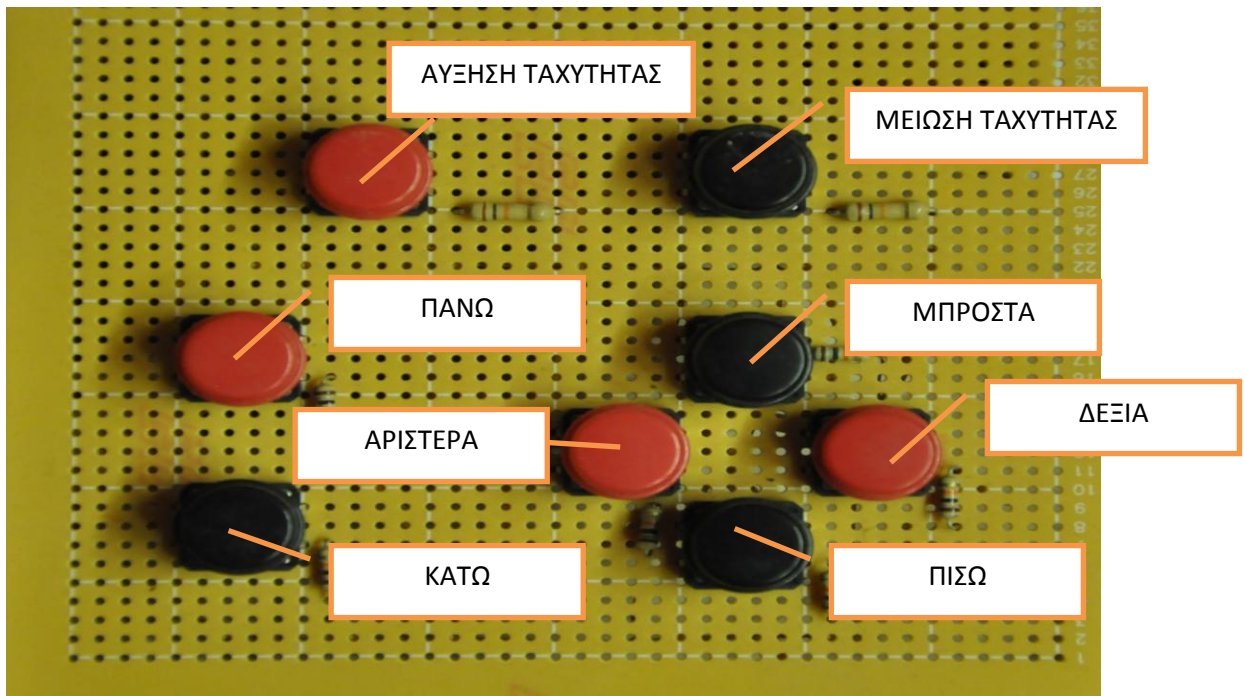
Εικόνα 4.17: 3D κάτοψη του ρομποτικού συστήματος

4.5. Κατασκευή χειριστηρίου ρομποτικού συστήματος

Ο έλεγχος του ρομποτικού συστήματος θα γίνεται μέσω χειριστηρίου που κατασκευάσαμε.

Τα βασικά υλικά για την υλοποίηση του χειριστηρίου του ρομποτικού συστήματος είναι τα παρακάτω:

1. Οχτώ διακόπτες για τα κουμπιά
2. Τέσσερα μαύρα και τέσσερα κόκκινα καπάκια για τα κουμπιά
3. Μια διάτρητη πλακέτα



Εικόνα 4.18: Χειριστήριο του ρομποτικού συστήματος

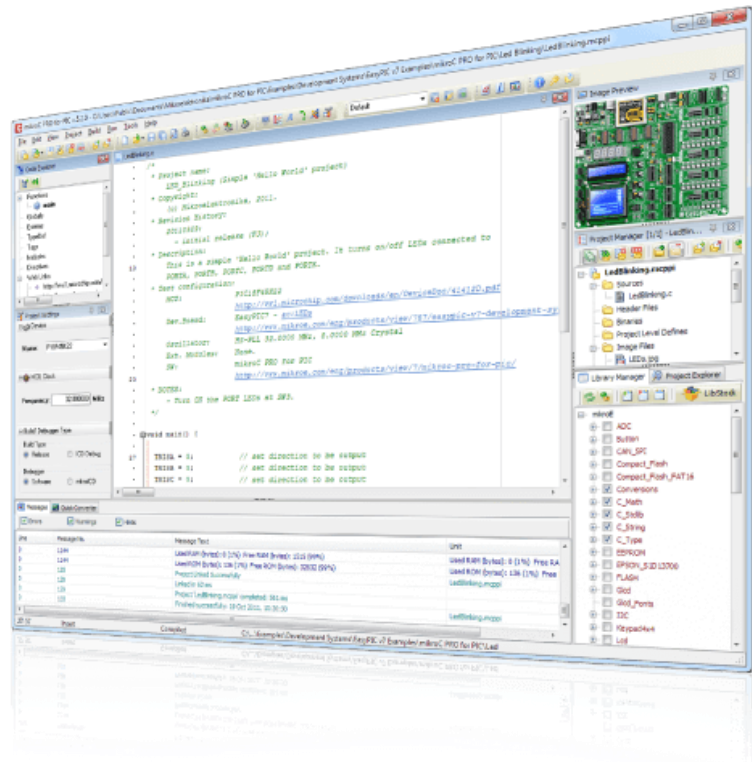
Το χειριστήριο αποτελείται από οχτώ κουμπιά μέσω των οποίων ελέγχουμε τα τέσσερα μοτέρ ώστε να μπορούμε να κινούμε την κάμερα στον χώρο που επιθυμούμε.

5. Κεφάλαιο 5

5.1. Γλωσσά προγραμματισμού

Για να γίνει δυνατή η λειτουργία του ρομποτικού συστήματος, χρησιμοποιήσαμε γλωσσά προγραμματισμού microC για να προγραμματίσουμε τον μικροεπεξεργαστή PIC 167877A. Η γλωσσά προγραμματισμού microC ,είναι συνδυασμός του δομημένου προγραμματισμού της γλώσσας C και της απευθείας αναφοράς στα ονόματα των καταχωρητών και των περιφερειακών ενός μικροεπεξεργαστή pic. Έτσι έχουμε την δυνατότητα να προγραμματίσουμε απευθείας έναν μικροεπεξεργαστή , χρησιμοποιώντας μια γλώσσα προγραμματισμού υψηλού επιπέδου. Η γλώσσα microC χρησιμοποιεί τον compiler mikroC PRO for PIC της Mikroelektronika.

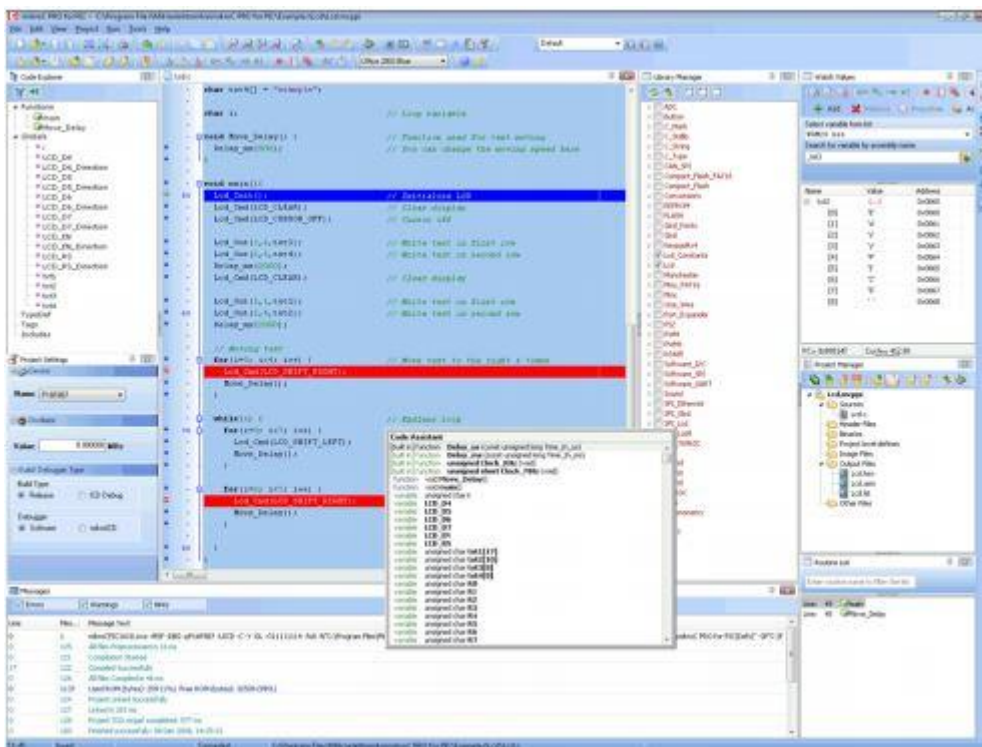
everywhere™
mikroC
PRO for PIC



Εικόνα 5.1: mikroC PRO for PIC της Mikroelektronika

Ο κώδικας σε γλώσσα microC δομές δεδομένων, μεταβλητές, σταθερές καθώς και μεταβλητές. Η γλώσσα microC βασίζεται στις αρχές του δομημένου προγραμματισμού. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της γλώσσας microC είναι η δυνατότητα προγραμματισμού απευθείας των καταχωρητών του μικροεπεξεργαστή.

Για την δημιουργία του κώδικα χρειάζεται η εγκατάσταση του ολοκληρωμένου περιβάλλοντος του προγραμματισμού (IDE) και περιλαμβάνει το μεταγλωττιστή, το συντάκτη, τις βιβλιοθήκες αλλά και τον προσομοιωτή ώστε να είναι δυνατή η δοκιμή του κώδικα που έχουμε γράψει.

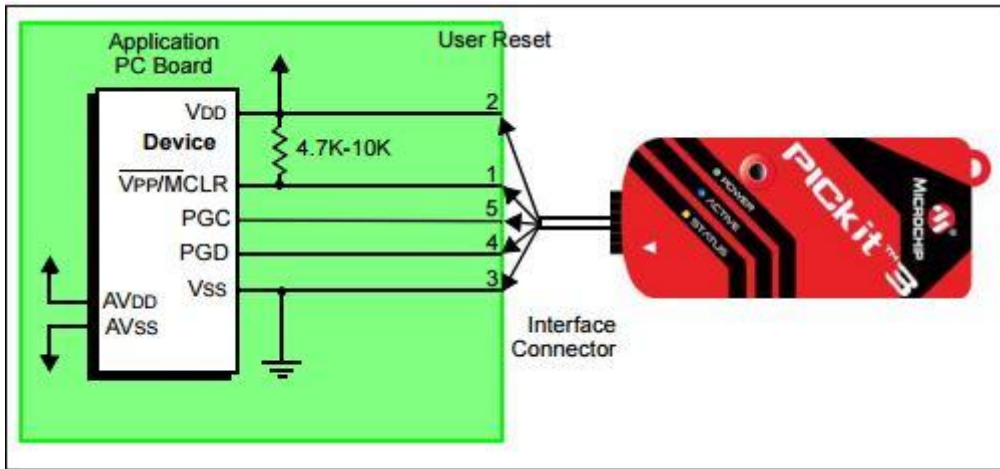


Εικόνα 5.2: mikroC PRO for PIC IDE

Η διαδικασία για να φορτώσουμε τον κώδικα στον μικροεπεξεργαστή μας αποτελείται από τα τρία παρακάτω βήματα :

1. Αναπτύσσουμε τον κώδικα σε γλώσσα microC, στο περιβάλλον της mikroC PRO for PIC
2. Από τα αρχεία που παράγονται παίρνουμε το αρχείο .hex

- Μέσω του pickit 3 usb programmer φορτώνουμε το αρχείο .hex στον μικροεπεξεργαστή



Εικόνα 5.3: Επικοινωνία μικροεπεξεργαστή PIC με Pickit3

5.2. Ο κώδικας σε microC

Παρακάτω είναι ο κώδικας που γράψαμε για την κίνηση του εκκρεμούς ρομποτικού συστήματος.

```
void main(){ //Αρχή της συνάρτησης main
short duty1 = 16; //Αρχική τιμή της μεταβλητής duty1
TRISD = 0xFF; //Δηλώνω την PORTD ως είσοδο. Η PORTD χρησιμοποιείται για είσοδο από το
χειριστήριο του ρομποτικού συστήματος
TRISB = 0x00; // Δηλώνω την PORTB ως έξοδο. Η PORTB χρησιμοποιείται για να στέλνει σήματα
στο ολοκληρωμένο L298N
PWM1_Init(1000); //Αρχική τιμή του pwm στα 1Khz
PWM1_Start(); //start PWM1
PWM1_Set_Duty (duty1); //Δηλώνω αρχική τιμή duty1 στην συνάρτηση PWM1_Set_Duty
While (1) //Endless loop
```

5.2.1.Οι βασικές κινήσεις του ρομποτικού συστήματος (μπροστά, πίσω, δεξιά, αριστερά, πάνω και κάτω)

- **ΚΙΝΗΣΗ ΜΠΡΟΣΤΑ**

{

if (PORTD.F0==0)//Διαβάζω την πόρτα 19 του pic.Σε περίπτωση που η είσοδος έχει σήμα Low(0V) , τότε σημαίνει ότι το ρομποτικό σύστημα πρέπει να κινηθεί μπροστά.

{

PORTB = 0x69;// Από την στιγμή που η PORTD.F0 είναι low, τότε αλλάζω τις εξόδους της PORTB ώστε το ρομποτικό σύστημα να κινηθεί μπροστά. Αυτό γίνεται ως εξής:

PORTD	PORTB.F0	PORTB.F1	PORTB.F2	PORTB.F3	PORTB.F4	PORTB.F5	PORTB.F6	PORTB.F7
PORTD.F0==0	0	1	1	0	1	0	0	1

Από τον παραπάνω πίνακα μπορούμε καταλάβουμε και το πως θα κινηθούν τα τέσσερα μοτέρ για να επιτευχτεί η κίνηση μπροστά.

Μοτέρ	Μοτέρ 1	Μοτέρ 2	Μοτέρ 3	Μοτέρ 4
Κίνηση	αριστερόστροφα	δεξιόστροφα	δεξιόστροφα	αριστερόστροφα

Τα μοτέρ **ένα** και **τρία** κατά την δεξιόστροφη κίνηση μαζεύουν το νήμα από τα καρούλια, άρα ουσιαστικά έλκουν το ρομποτικό σύστημα προς το μέρος τους , ενώ στην αριστερόστροφη κίνηση αφήνουν το νήμα ώστε να μπορεί το ρομποτικό σύστημα να απομακρυνθεί από αυτά. Το ακριβώς αντίστροφο συμβαίνει για τα μοτέρ **δύο** και **τέσσερα**.

}

- **ΚΙΝΗΣΗ ΠΙΣΩ**

if (PORTD.F0==1) //Διαβάζω την πόρτα 19 του pic.Σε περίπτωση που η είσοδος έχει σήμα High(5V) , τότε σημαίνει ότι το ρομποτικό σύστημα δεν πρέπει να κινηθεί.

{

PORTB = 0x00;//Δηλώνοντας την PORTB 0, σημαίνει ότι δεν έχω καμία κίνηση.

PORTD	PORTB.F0	PORTB.F1	PORTB.F2	PORTB.F3	PORTB.F4	PORTB.F5	PORTB.F6	PORTB.F7
PORTD.F0==1	0	0	0	0	0	0	0	0

}

Ανάπτυξη συστήματος ελέγχου εναέριας κάμερας

if (PORTD.F2==0) // Διαβάζω την πόρτα 21 του pic. Σε περίπτωση που η είσοδος έχει σήμα Low(0V) , τότε σημαίνει ότι το ρομποτικό σύστημα πρέπει να κινηθεί πίσω.

{

PORTB = 0x96; // Από την στιγμή που η PORTD.F2 είναι low, τότε αλλάζω τις εξόδους της PORTB ώστε το ρομποτικό σύστημα να κινηθεί προς τα πίσω. Αυτό γίνεται ως εξής:

PORTD	PORTB.F0	PORTB.F1	PORTB.F2	PORTB.F3	PORTB.F4	PORTB.F5	PORTB.F6	PORTB.F7
PORTD.F0==0	1	0	0	1	0	1	1	0

Από τον παραπάνω πίνακα μπορούμε καταλάβουμε και το πως θα κινηθούν τα τέσσερα μοτέρ για να επιτευχτεί η κίνηση προς τα πίσω.

Μοτέρ	Μοτέρ 1	Μοτέρ 2	Μοτέρ 3	Μοτέρ 4
Κίνηση	δεξιόστροφα	αριστερόστροφα	αριστερόστροφα	δεξιόστροφα

}

if (PORTD.F1==0) // Διαβάζω την πόρτα 20 του pic. Σε περίπτωση που η είσοδος έχει σήμα Low(0V) , τότε σημαίνει ότι το ρομποτικό σύστημα πρέπει να κινηθεί προς τα δεξιά.

{

PORTB = 0x5A; // Από την στιγμή που η PORTD.F2 είναι low, τότε αλλάζω τις εξόδους της PORTB ώστε το ρομποτικό σύστημα να κινηθεί προς τα δεξιά. Αυτό γίνεται ως εξής:

PORTD	PORTB.F0	PORTB.F1	PORTB.F2	PORTB.F3	PORTB.F4	PORTB.F5	PORTB.F6	PORTB.F7
PORTD.F0==0	0	1	0	1	1	0	1	0

Από τον παραπάνω πίνακα μπορούμε καταλάβουμε και το πως θα κινηθούν τα τέσσερα μοτέρ για να επιτευχτεί η κίνηση προς τα πίσω.

Μοτέρ	Μοτέρ 1	Μοτέρ 2	Μοτέρ 3	Μοτέρ 4
Κίνηση	αριστερόστροφα	αριστερόστροφα	δεξιόστροφα	δεξιόστροφα

}

• **ΚΙΝΗΣΗ ΑΡΙΣΤΕΡΑ**

if (PORTD.F3==0) // Διαβάζω την πόρτα 22 του pic. Σε περίπτωση που η είσοδος έχει σήμα Low(0V) , τότε σημαίνει ότι το ρομποτικό σύστημα πρέπει να κινηθεί προς τα αριστερά.

{

PORTB = 0xA5; // Από την στιγμή που η PORTD.F3 είναι low, τότε αλλάζω τις εξόδους της PORTB ώστε το ρομποτικό σύστημα να κινηθεί προς τα αριστερά. Αυτό γίνεται ως εξής:

PORTD	PORTB.F0	PORTB.F1	PORTB.F2	PORTB.F3	PORTB.F4	PORTB.F5	PORTB.F6	PORTB.F7
PORTD.F0==0	1	0	1	0	0	1	0	1

Από τον παραπάνω πίνακα μπορούμε καταλάβουμε και το πως θα κινηθούν τα τέσσερα μοτέρ για να επιτευχτεί η κίνηση προς τα πίσω.

Μοτέρ	Μοτέρ 1	Μοτέρ 2	Μοτέρ 3	Μοτέρ 4
Κίνηση	δεξιόστροφα	δεξιόστροφα	αριστερόστροφα	αριστερόστροφα

}

if (PORTD.F7==0) // Διαβάζω την πόρτα 30 του pic. Σε περίπτωση που η είσοδος έχει σήμα Low(0V) , τότε σημαίνει ότι το ρομποτικό σύστημα πρέπει να κινηθεί προς τα πάνω.

{

PORTB = 0x66; // Από την στιγμή που η PORTD.F7 είναι low, τότε αλλάζω τις εξόδους της PORTB ώστε το ρομποτικό σύστημα να κινηθεί προς τα πάνω. Αυτό γίνεται ως εξής:

PORTD	PORTB.F0	PORTB.F1	PORTB.F2	PORTB.F3	PORTB.F4	PORTB.F5	PORTB.F6	PORTB.F7
PORTD.F0==0	1	0	0	1	1	0	0	1

Από τον παραπάνω πίνακα μπορούμε καταλάβουμε και το πως θα κινηθούν τα τέσσερα μοτέρ για να επιτευχτεί η κίνηση προς τα πάνω.

Μοτέρ	Μοτέρ 1	Μοτέρ 2	Μοτέρ 3	Μοτέρ 4
Κίνηση	δεξιόστροφα	αριστερόστροφα	δεξιόστροφα	αριστερόστροφα

}

• **ΚΙΝΗΣΗ ΔΕΞΙΑ**

if (PORTD.F6==0) // Διαβάζω την πόρτα 29 του pic. Σε περίπτωση που η είσοδος έχει σήμα Low(0V) , τότε σημαίνει ότι το ρομποτικό σύστημα πρέπει να κινηθεί προς τα κάτω.

Ανάπτυξη συστήματος ελέγχου εναέριας κάμερας

{

PORTB = 0x99; // Από την στιγμή που η PORTD.F6 είναι low, τότε αλλάζω τις εξόδους της PORTB ώστε το ρομποτικό σύστημα να κινηθεί προς τα κάτω. Αυτό γίνεται ως εξής:

PORTD	PORTB.F0	PORTB.F1	PORTB.F2	PORTB.F3	PORTB.F4	PORTB.F5	PORTB.F6	PORTB.F7
PORTD.F0==0	0	1	1	0	0	1	1	0

Από τον παραπάνω πίνακα μπορούμε καταλάβουμε και το πως θα κινηθούν τα τέσσερα μοτέρ για να επιτευχτεί η κίνηση προς τα κάτω.

Μοτέρ	Μοτέρ 1	Μοτέρ 2	Μοτέρ 3	Μοτέρ 4
Κίνηση	δεξιόστροφα	αριστερόστροφα	δεξιόστροφα	δεξιόστροφα

}

5.2.2. Διαγώνιες κινήσεις

• ΚΙΝΗΣΗ ΜΠΡΟΣΤΑ ΚΑΙ ΑΡΙΣΤΕΡΑ

if ((PORTD.F0==0) && (PORTD.F3==0)) // Διαβάζω τις πόρτες 19 και 21 του pic. Σε περίπτωση που οι είσοδοι είναι Low(0V), τότε σημαίνει ότι το ρομποτικό σύστημα πρέπει να κινηθεί διαγώνια μπροστά και αριστερά.

{

PORTB = 0x65; // Από την στιγμή που οι PORTD.F0 και PORTD.F3 είναι low, τότε αλλάζω τις εξόδους της PORTB ώστε το ρομποτικό σύστημα να κινηθεί διαγώνια μπροστά και αριστερά. Αυτό γίνεται ως εξής:

PORTD	PORTB.F0	PORTB.F1	PORTB.F2	PORTB.F3	PORTB.F4	PORTB.F5	PORTB.F6	PORTB.F7
PORTD.F0==0 && PORTD.F3==0	0	1	1	0	0	1	0	1

Από τον παραπάνω πίνακα μπορούμε καταλάβουμε και το πως θα κινηθούν τα τέσσερα μοτέρ για να επιτευχτεί η κίνηση προς τα κάτω.

Μοτέρ	Μοτέρ 1	Μοτέρ 2	Μοτέρ 3	Μοτέρ 4
Κίνηση	αριστερόστροφα	δεξιόστροφα	αριστερόστροφα	αριστερόστροφα

}

- **ΚΙΝΗΣΗ ΠΙΣΩ ΚΑΙ ΑΡΙΣΤΕΡΑ**

if ((PORTD.F2==0) && (PORTD.F3==0)) // Διαβάζω τις πόρτες 21 και 22 του pic. Σε περίπτωση που οι είσοδοι είναι Low(0V) , τότε σημαίνει ότι το ρομποτικό σύστημα πρέπει να κινηθεί διαγώνια πίσω και αριστερά.

{

PORTB = 0xA6; // Από την στιγμή που οι PORTD.F2 και PORTD.F3 είναι low, τότε αλλάζω τις εξόδους της PORTB ώστε το ρομποτικό σύστημα να κινηθεί διαγώνια πίσω και αριστερά. Αυτό γίνεται ως εξής:

PORTD	PORTB.F0	PORTB.F1	PORTB.F2	PORTB.F3	PORTB.F4	PORTB.F5	PORTB.F6	PORTB.F7
PORTD.F0==0 && PORTD.F3==0	1	0	1	0	0	1	1	0

Από τον παραπάνω πίνακα μπορούμε καταλάβουμε και το πως θα κινηθούν τα τέσσερα μοτέρ για να επιτευχτεί η κίνηση προς τα κάτω.

Μοτέρ	Μοτέρ 1	Μοτέρ 2	Μοτέρ 3	Μοτέρ 4
Κίνηση	αριστερόστροφα	δεξιόστροφα	αριστερόστροφα	αριστερόστροφα

}

- **ΚΙΝΗΣΗ ΠΙΣΩ ΚΑΙ ΔΕΞΙΑ**

if ((PORTD.F1==0) && (PORTD.F2==0)) // Διαβάζω τις πόρτες 20 και 21 του pic. Σε περίπτωση που οι είσοδοι είναι Low(0V) , τότε σημαίνει ότι το ρομποτικό σύστημα πρέπει να κινηθεί διαγώνια πίσω και δεξιά.

{

Ανάπτυξη συστήματος ελέγχου εναέριας κάμερας

`PORTB = 0x56; // Από την στιγμή που οι PORTD.F2 και PORTD.F3 είναι low, τότε αλλάζω τις εξόδους της PORTB ώστε το ρομποτικό σύστημα να κινηθεί διαγώνια πίσω και δεξιά. Αυτό γίνεται ως εξής:`

PORTD	PORTB.F0	PORTB.F1	PORTB.F2	PORTB.F3	PORTB.F4	PORTB.F5	PORTB.F6	PORTB.F7
<code>PORTD.F0==0 && PORTD.F3==0</code>	1	0	1	0	0	1	1	0

Από τον παραπάνω πίνακα μπορούμε καταλάβουμε και το πως θα κινηθούν τα τέσσερα μοτέρ για να επιτευχτεί η κίνηση προς τα κάτω.

Μοτέρ	Μοτέρ 1	Μοτέρ 2	Μοτέρ 3	Μοτέρ 4
Κίνηση	αριστερόστροφα	δεξιόστροφα	αριστερόστροφα	αριστερόστροφα

}

• ΚΙΝΗΣΗ ΜΠΡΟΣΤΑ ΚΑΙ ΔΕΞΙΑ

`if ((PORTD.F1==0) && (PORTD.F0==0)) // Διαβάζω τις πόρτες 19 και 20 του pic. Σε περίπτωση που οι είσοδοι είναι Low(0V) , τότε σημαίνει ότι το ρομποτικό σύστημα πρέπει να κινηθεί διαγώνια μπροστά και δεξιά.`

{

`PORTB = 0x6A; // Από την στιγμή που οι PORTD.F2 και PORTD.F3 είναι low, τότε αλλάζω τις εξόδους της PORTB ώστε το ρομποτικό σύστημα να κινηθεί διαγώνια μπροστά και δεξιά. Αυτό γίνεται ως εξής:`

PORTD	PORTB.F0	PORTB.F1	PORTB.F2	PORTB.F3	PORTB.F4	PORTB.F5	PORTB.F6	PORTB.F7
<code>PORTD.F0==0 && PORTD.F3==0</code>	1	0	1	0	0	1	1	0

Από τον παραπάνω πίνακα μπορούμε καταλάβουμε και το πως θα κινηθούν τα τέσσερα μοτέρ για να επιτευχτεί η κίνηση προς τα κάτω.

Μοτέρ	Μοτέρ 1	Μοτέρ 2	Μοτέρ 3	Μοτέρ 4
Κίνηση	αριστερόστροφα	δεξιόστροφα	αριστερόστροφα	αριστερόστροφα

}

5.2.3. Έλεγχος ταχύτητας ρομποτικού συστήματος

```
if (PORTD.F5==0) // Διαβάζω την πόρτα 28 του pic. Σε περίπτωση που η είσοδος έχει σήμα
Low(0V) , τότε σημαίνει ότι αυξάνω την ταχύτητα του ρομποτικού συστήματος.
{
Delay_mms(1); duty1++; //Αυξάνω την τιμή της μεταβλητής duty1 . Όσες περισσότερες φορές
πατήσω το κουμπί τόσο πιο πολύ θα αυξηθεί και η ταχύτητα
PWM1_Set_Duty(duty1); //Δηλώνω την νέα τιμή της μεταβλητής duty1, στην συνάρτηση
PWM1_Set_Duty .
}
if (PORTD.F4==0) // Διαβάζω την πόρτα 27 του pic. Σε περίπτωση που η είσοδος έχει σήμα
Low(0V) , τότε σημαίνει ότι αυξάνω την ταχύτητα του ρομποτικού συστήματος.
{
Delay_ms(1);
duty1--; // Μειώνω την τιμή της μεταβλητής duty1 . Όσες περισσότερες φορές πατήσω το
κουμπί τόσο πιο πολύ θα μειωθεί και η ταχύτητα.
PWM1_Set_Duty(duty1); //Δηλώνω την νέα τιμή της μεταβλητής duty1, στην συνάρτηση
PWM1_Set_Duty .
}
Delay_ms(10);
```


Παράρτημα Α'

Κώδικας ανάπτυξης της παρούσας εφαρμογής.

```
void main()

{ short duty1 = 16; //Initial value for duty
TRISD = 0xFF; //PORTD as input

TRISB = 0x00; //PORTB as output
PWM1_Init(1000); //Initialize PWM1
PWM1_Start(); //start PWM1
PWM1_Set_Duty(duty1); //Set current duty for PWM1

while (1) //Endless loop
{
if (PORTD.F0==0) // mprosta
{
PORTB = 0x69; // 01101001
}

if (PORTD.F0==1) //stop ola
{ PORTB = 0x00;
}

if (PORTD.F2==0) //pisw
{ PORTB = 0x96; // 10010110
}

if (PORTD.F1==0) //deksia 1011010
{
PORTB = 0x5A;
}

if (PORTD.F3==0) //aristera
```

```
{
PORTB = 0xA5;    //10100101
}

if (PORTD.F7==0) //katw
{
PORTB = 0x66; // 1100110
}
if (PORTD.F6==0) //panw
{
PORTB = 0x99; // 10011001
}

if ((PORTD.F0==0) && (PORTD.F3==0) )
{
PORTB = 0x65;
}

if ((PORTD.F2==0) && (PORTD.F3==0) )
{
PORTB = 0xA6;
}

if ((PORTD.F1==0) && (PORTD.F2==0) )
{
PORTB = 0x56;
}

if ((PORTD.F1==0) && (PORTD.F0==0) )
{
PORTB = 0x6A;
}
if (PORTD.F5==0) //Checking the button pressed or not
{ Delay_ms(1); duty1++; //Increment duty cycle
```

Ανάπτυξη συστήματος ελέγχου εναέριας κάμερας

```
PWM1_Set_Duty(duty1); //Change the duty cycle  
}
```

```
if (PORTD.F4==0) //Checking the button pressed or not  
{ Delay_ms(1);  
duty1--; //Decrement duty cycle  
PWM1_Set_Duty(duty1);  
}  
Delay_ms(10);  
}}
```

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1]Αλατσαθανός, Σταμάτης, Μικροελεγκτές PIC.
- [2]Αλατσαθανός, Σταμάτης, Εισαγωγή στη μηχανική και στα ενσωματωμένα συστήματα.
- [3]<https://www.garrettcam.com>.
- [4]<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/22440/STMICROELECTRONICS/L298N.html>
- [5]<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41291D.pdf>
- [6]Borowik , Bohdan , Intelligent Systems, Control and Automation: Science and Engineering , Interfacing PIC Microcontrollers to Peripheral Devices
- [7]Milan Verle ,PIC MICROCONTROLLERS – PROGRAMMING IN C
- [8]https://en.wikipedia.org/wiki/PIC_microcontroller
- [9]<http://www.instructables.com/id/Programming-PIC-Microcontrollers/>
- [10][http://www.bosch-ibusiness.com/boaaelmoocs/category/D.C.%20motors %20with %20transmission/258](http://www.bosch-ibusiness.com/boaaelmoocs/category/D.C.%20motors%20with%20transmission/258)
- [11]Δ.Μ ΕΜΙΡΗΣ , Δ.Ε ΚΟΥΛΟΥΡΙΩΤΗΣ , ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ 3η έκδοση / 4η ανατύπωση
- [12]<https://www.labcenter.com/tutorials/>
- [10] <http://labcenter.s3.amazonaws.com/downloads/Tutorials.pdf>
- [11] https://en.wikipedia.org/wiki/Proteus_Design_Suite