



Τμήμα μηχανικών αυτοματισμού ΤΕΙ
Θεσσαλονίκης

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



**Κινούμενη βάση δύο βαθμών ελευθερίας με
μικροελεγκτή MSP430**

Ουσουλτζόγλου Ιωάννης – Σουρτσόγλου Γιουγκάν

Επιβλέπων καθηγητής : Κιζήρογλου_Μιχαήλ

Ευχαριστίες :

Στο πλαίσιο εκπόνησης της πτυχιακής εργασίας μας αρχικά θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε, τον επιβλέποντα καθηγητή κύριο Μιχαήλ Κιζήρογλου διότι μας έδωσε από την πρώτη στιγμή ένα θέμα πολύ κοντά σε αυτό που είχαμε στο μυαλό μας να ασχοληθούμε, καθώς επίσης και για την ουσιαστική υποστήριξη καθ' όλη την διάρκεια αυτής της προσπάθειας με την σωστή και λεπτομερή καθοδήγηση στην οποία μας υπέβαλε , με τις σωστές παρατηρήσεις τις οποίες μας υπέδειξε, καθώς επίσης και για την έγκυρη και άμεση επικοινωνία στην διάρκεια τυχόν προβλημάτων. Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον κύριο Αλέξανδρο Κεχαγιά για την πολύτιμη βοήθεια που μας προσέφερε στο κατασκευαστικό κομμάτι τις πτυχιακής μας εργασίας με τις πολύ ορθές ιδέες του και θέτοντας στην διάθεσή μας διάφορα εργαλεία που ήταν απαραίτητα για την υλοποίηση αυτής της κατασκευής .Τέλος θα θέλαμε μιας και βρισκόμαστε ύστερα από την εκτέλεση και αυτής της διαδικασίας ένα βήμα πριν τον τελικό στόχο που είναι το πτυχίο στην τελική ευθεία τους γονείς μας για την ουσιαστική υποστήριξη σε όλους τους τομείς και τις θυσίες που υπέβαλαν όλα αυτά τα χρόνια .

Εισαγωγή :

Το σύστημα δύο βαθμών ελευθερίας (**XY Stage**) που θα υλοποιήσουμε στην παρούσα πτυχιακή εργασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες εφαρμογές και να παίξει πολύ σημαντικό ρόλο στον τρόπο με τον οποίο το χρησιμοποιούμε. Το (**XY Stage**) συνήθως λειτουργεί με την βοήθεια κάποιων βηματικών κινητήρων και ο λόγος κυρίως που γίνεται αυτό είναι ότι θέλουμε να έχουμε ακρίβεια στις αποστάσεις και στον έλεγχο της ταχύτητα για το οποίο το κατασκευάσαμε. Ένα πολύ συχνό φαινόμενο τέτοιου είδους συστήματος που συναντάμε στην καθημερινότητα μας είναι οι λεγόμενοι σαρωτές SCANNER , CD Player που λίγο πολύ όλοι γνωρίζουμε, έχουμε δει και κάποιοι έχουμε ακόμα και στο σπίτι μας . Το (**XY Stage**) σύστημα δύο βαθμών ελευθερίας όπως προαναφέραμε έχει ποικίλο εύρος λειτουργίας σε πολλούς τομείς που μπορεί να χρησιμοποιηθεί μερικές από αυτές τις εφαρμογές είναι :

- Σε ιατρικές εφαρμογές
- Σε μονάδες παραγωγής
- Σε γεωργικά μηχανήματα (κυρίως στον τομέα της τυποποίησης και συσκευασίας).
- Σε ηλεκτρονικές και ψηφιακές εφαρμογές καθώς και σε αμέτρητες άλλες εφαρμογές

Οι πιο συνηθισμένη μορφή που συναντάμε ένα τέτοιο σύστημα είναι πρωτίστως σε CNC εργαλειομηχανές οι οποίες είναι σχεδιασμένες με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν (να κόβουν ,να τρυπάνε , να σχεδιάζουν ,να μεταφέρουν καθώς και πολλά άλλα) .

Με βάση την μικρή αυτή ιστορία γύρο από το αντικείμενο που είχαμε να ασχοληθούμε και έχοντας και άλλα πολλά κατά νου γύρο από αυτό το θέμα αποκτήσαμε ένα λόγο, ένα κίνητρο παραπάνω ώστε να ασχοληθούμε και να εμβαθύνουμε ακόμα πιο πολύ σε αυτό που είχαμε να ανταπεξέλθουμε.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ:

Πρόλογος.....	2
Εισαγωγή.....	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΒΗΜΑΤΙΚΗ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ.....	7
1.1 – Γενικά χαρακτηριστικά	7
1.2 – Μόνιμου μαγνήτη.....	8
1.3 – Τρόποι λειτουργίας βηματικών κινητήρων.....	8
1.4 – Οδήγηση διπλής φάσης.....	9
1.5 – Οδήγηση μισού βήματος.....	9
1.6 – Διπολική λειτουργία.....	9
1.7 – Συνδεσμολογίες τυλιγμάτων	11
1.8 – Το βήμα	12
1.9 – Ροπή.....	13
1.10 – Ακρίβεια	13
1.11 – Συντονισμός.....	13
1.12 – Ισχύς	14
1.13 – Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα βηματικών κινητήρων.....	14
1.14 – Επιλογή βηματικού κινητήρα.....	15
1.15 – Τύπος βηματικού κινητήρα και προδιαγραφές PL15S-020.....	16
1.16 – Ικανότητες χρησιμοποιηθέντα βηματικού κινητήρα.....	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΨΗΦΙΑΚΗ ΟΔΗΓΗΣΗ.....	19
2.1 – Επιλογή Driver.....	19
2.2 – Πρόσθετα εξαρτήματα για τη σωστή λειτουργία του L293D.....	22
2.3 – Flip-Flop.....	24
2.3.1 – Τι είναι τα Flip-Flop.....	24
2.3.2 – Λειτουργία του Flip-Flop.....	24
2.3.3 – Το Flip-Flop ως στοιχείο μνήμης.....	24
2.3.4 – Διέγερση του Flip-Flop.....	25
2.3.5 – Μεταβάσεις των παλμών ρολογιού.....	25
2.4 – Χρονομέτρης NE555N.....	30
2.4.1 – Τι είναι το NE555N.....	30
2.4.2 – Βασικές λειτουργίες χρονομέτρη NE555N.....	31

2.4.3 – Υλικά κατασκευής του ολοκληρωμένου NE555N.....	32
2.4.4 – Εφαρμογή του NE555N.....	32
2.4.5 – Υπολογισμός των εξαρτημάτων.....	33
2.5 – Διακόπτης επιλογής θέσης.....	34
2.6 – τελική συνδεσμολογία του κυκλώματος ψηφιακής οδήγησης.....	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : MSP430.....	37
3.1 – Περιγραφή και χαρακτηριστικά του MSP430.....	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : Οδήγηση με μικροελεγκτή.....	39
4.1 - Περιβάλλον προγραμματισμού Energia	39
4.2 – Γλώσσα προγραμματισμού.....	40
4.3 – Πρόγραμμα.....	42
4.3.1 Δήλωση μεταβλητών.....	42
4.3.2 Ρουτίνα Setup.....	42
4.3.3 Ρουτίνες X και Y για δεξιά/αριστερά.....	43
4.3.4 Ρουτίνα σταματήματος.....	46
4.3.5 Ρουτίνα εκτέλεσης βασικού προγράμματος.....	46
4.3.6 Ρουτίνα Loop.....	49
4.4 – Κύκλωμα οδήγησης μικροελεγκτή.....	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΔΥΟ ΒΑΘΜΩΝ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ (XY STAGE).....	51
5.1 – Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν και αξιοποίησή τους.....	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : CONNECTORS & FFC CABLE JUMPER.....	61
6.1 – CONNECTORS (RECEPTACLE).....	61
6.2 – CABLE JUMPER.....	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΕΙΔΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ.....	69
7.1 – Βήμα 1.....	69
7.2 – Βήμα 2.....	70
7.3 – Βήμα 3.....	71
7.4 – Επεξήγηση.....	72

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8:	73
8.1 - Κόστο.....	73
8.2 – Συμπεράσματα και προοπτικές.....	74
8.3 - Παρατηρήσεις.....	75
Βιβλιογραφία.....	76

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΒΗΜΑΤΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ (STEP MOTOR)

1.1 Γενικά χαρακτηριστικά

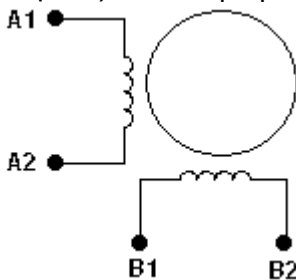
Αν κανείς χρειάζεται να συνδέσει ένα τυπικό κύκλωμα ελέγχου με έναν κινητήρα, προκειμένου να πετύχει την κίνηση ενός φορτίου ή την περιστροφή ενός άξονα, ο απλούστερος τρόπος για να το πετύχει, είναι η χρήση ενός συνηθισμένου κινητήρα συνεχούς (DC) ή εναλλασσόμενου ρεύματος (AC), που έχει σχετικά χαμηλό κόστος και οδηγείται με απλά ηλεκτρονικά κυκλώματα. Μια περισσότερο προσεκτική μελέτη όμως δείχνει ότι η λύση αυτή δεν είναι τόσο καλή όσο φαίνεται με την πρώτη ματιά. Κι αυτό γιατί με ένα τέτοιο εξάρτημα είναι πολύ δύσκολο να προσδιοριστεί η ακριβής θέση και η ταχύτητα περιστροφής του περιστρεφόμενου άξονα και κατ' επέκταση κατά πόσο έχει μετακινηθεί το φορτίο που είναι συνδεδεμένο με αυτόν.

Αν κάποιος θέλει να προσδιορίσει την ακριβή θέση, θα πρέπει να χρησιμοποιήσει κατάλληλα κυκλώματα ανάδρασης (κλειστού βρόχου). Τέτοιες ακριβείς ρυθμίσεις μπορούν να γίνουν με τη βοήθεια βηματικών κινητήρων ή σερβοκινητήρων. Ένας βηματικός κινητήρας μπορεί να αποδώσει ικανοποιητική ροπή και ταχύτητα περιστροφής, με μεγάλη ακρίβεια.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, οι βηματικοί κινητήρες, είναι κινητήρες συνεχούς ρεύματος, γιατί λειτουργούν με παλμούς συνεχούς τάσης που εφαρμόζονται στα τυλίγματα τους. Ένας βηματικός κινητήρας περιέχει δύο τυλίγματα, τα οποία διαθέτουν μεσαία λήψη, άρα δύο περιελίξεις που κάθε μια καταλήγει σε δύο ή τρεις ακροδέκτες. Ανάλογα με το ποια περιέλιξη διαρρέεται από ρεύμα, δημιουργούνται στα άκρα της μαγνητικοί πόλοι. Όταν στις περιελίξεις εισέρχεται μια ακολουθία των παλμών, αυτή δημιουργεί μαγνητικούς πόλους που εναλλάσσονται. Τότε ο δρομέας περιστρέφεται παρακολουθώντας την εναλλαγή.

Σε έναν βηματικό κινητήρα αναφέρουμε συνήθως τέσσερις περιελίξεις, η αλήθεια όμως είναι, ότι ένα πηνίο είναι φτιαγμένο από μικρές περιελίξεις συνδεδεμένες σε σειρά και τοποθετημένες σε κύκλο.

Έτσι εξασφαλίζονται τα μικρά βήματα στην περιστροφή του κινητήρα.



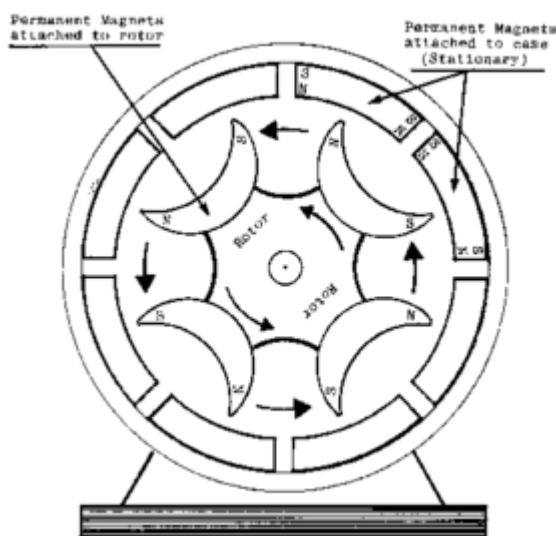
Σχήμα 1.1(τρόπος λειτουργίας βηματικού κινητήρα)

Ο τρόπος που κατηγοριοποιούνται οι βηματικοί κινητήρες σχετίζεται με τη διάταξη των τυλιγμάτων στον στάτη. Υπάρχουν τρεις τύποι βηματικών κινητήρων: οι μόνιμου μαγνήτη, οι μεταβλητής μαγνητικής αντίστασης και οι υβριδικοί.

Οι κινητήρες μόνιμου μαγνήτη έχουν σαν δρομέα έναν μαγνήτη, οι μεταβλητής μαγνητικής αντίστασης έχουν οδοντωτούς δρομείς μαλακού σιδήρου. Τέλος οι υβριδικοί, είναι κάτι το ενδιάμεσο, συνδυάζουν χαρακτηριστικά και των δύο τύπων.

1.2 ΜΟΝΙΜΟΥ ΜΑΓΝΗΤΗ (Permanent Magnet Motor)

Οι κινητήρες μόνιμου μαγνήτη, όπως λέει και το όνομα τους είναι κινητήρες, όπου ο δρομέας είναι ένας μόνιμος μαγνήτης. Η λειτουργία αυτού του κινητήρα στηρίζεται στην αλληλεπίδραση του μόνιμου μαγνήτη



Σχήμα 1.2(κινητήρες μόνιμου μαγνήτη)

και του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου που δημιουργείται από τα τυλίγματα του στάτη . Ο στάτης έχει οδοντώσεις και συνήθως έχει και ο δρομέας . Οι μαγνητικοί πόλοι του δρομέα προσανατολίζονται στις οδοντώσεις του στάτη όταν αυτές είναι ενεργοποιημένες. Το πλήθος των οδοντώσεων του δρομέα και του στάτη καθορίζουν τη γωνία που αντιστοιχεί στο βήμα περιστροφής. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των δοντιών, τόσο μικρότερο είναι το μέγεθος του βήματος.

1.3 Τρόποι λειτουργίας βηματικών κινητήρων

Διακρίνουμε δύο βασικούς τρόπους λειτουργίας των βηματικών κινητήρων τη μονοπολική και τη διπολική λειτουργία.

1.4 Οδήγηση διπλής φάσης

Ο τρόπος οδήγησης που χρησιμοποιήσαμε εμείς στην προκειμένη είναι διπλής φάσης , πράγμα που καθιστά δυνατόν σε κάθε ενεργοποίηση να τροφοδοτούνται δύο μισά τυλίγματα.

Σε αυτή την μέθοδο μονοπολικής λειτουργίας ενεργοποιούνται δηλαδή δύο από τις περιελίξεις κάθε φορά.

Με τον τρόπο αυτό, ο κινητήρας αποκτά μεγαλύτερη ροπή, αλλά αυξάνεται και η απαιτούμενη ισχύς τροφοδοσίας. Τώρα έχουμε καλύτερη αποδοτικότητα καθώς έχουμε περισσότερες κινητήριες ώσεις σε κάθε περιστροφή και καλύτερο έλεγχο της κίνησης.

1.5 Οδήγηση μισού βήματος

Η οδήγηση μισού βήματος είναι μια παραλλαγή της μονοπολικής λειτουργίας διπλής φάσης, όπου ανάμεσα στα βήματα διπλής ενεργοποίησης (φάσης) παρεμβάλλεται ένα βήμα μόνης ενεργοποίησης.

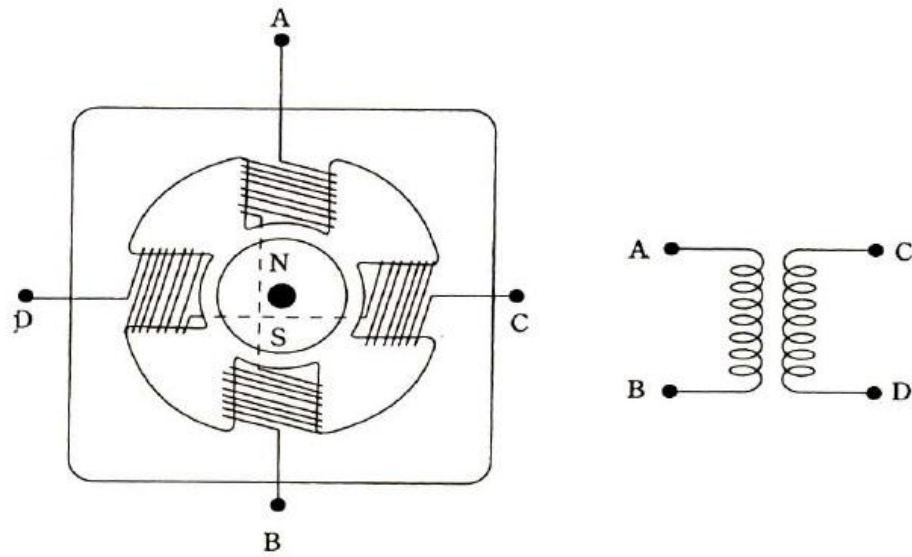
Με αυτόν τον τρόπο ο κινητήρας μετακινείται με βήματα που είναι μισά σε σχέση με τα κανονικά (πλήρη). Είναι σημαντικό να παρατηρήσουμε εδώ, ότι η ροπή που αναπτύσσεται σε αυτή την περίπτωση δεν είναι σταθερή καθώς εναλλάσσονται τα βήματα. Για βήματα ακόμα μικρότερης γωνίας, ο δρομέας πρέπει να έχει περισσότερους πόλους. Έχουν κατασκευαστεί δρομέας μόνιμου μαγνήτη με 100 πόλους.

Η λειτουργία αυτή εξασφαλίζει ομαλότερη κίνηση του άξονα περιστροφής, αλλά όταν έχουμε μισά βήματα, η ροπή είναι μισή. Το αποτέλεσμα είναι, αυτές οι θέσεις (με τη μια περιέλιξη ενεργοποιημένη) να μην είναι κατάλληλες για τελικές. Η λειτουργία μισού βήματος εξομαλύνει την περιστροφή, λόγω του διπλασιασμού των βημάτων, αλλά η ακρίβεια στον έλεγχο της τελικής θέσης παραμένει η ίδια.

1.6 Διπολική λειτουργία

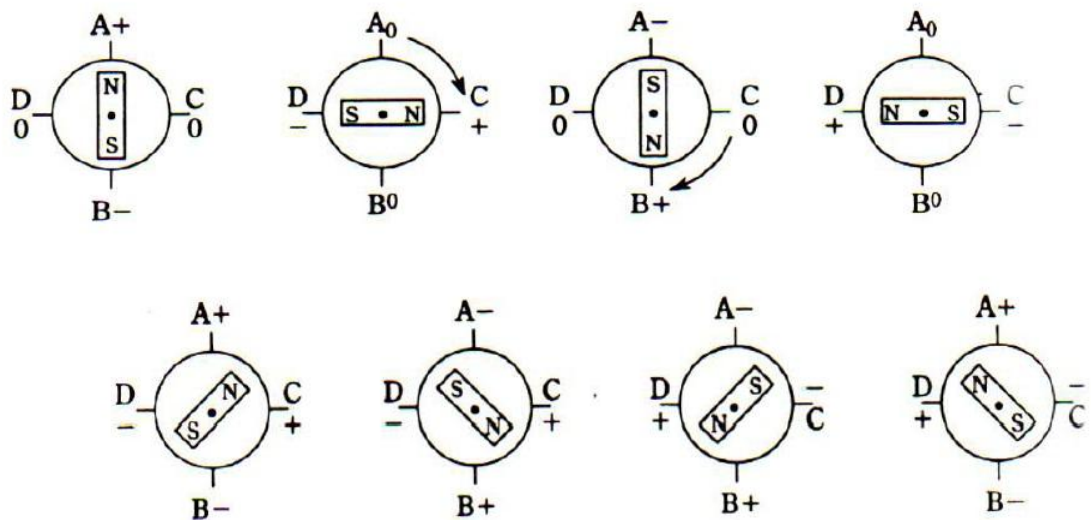
Διπολική λειτουργία είναι η οδήγηση των τυλιγμάτων, η οποία γίνεται με διαδοχική αντιστροφή της φοράς του ρεύματος. Σε σύγκριση με την μονοπολική, στην διπολική η μεσαία λήψη των τυλιγμάτων μένει ασύνδετη. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το ρεύμα να ρέει ολόκληρο το τύλιγμα αντί να ρέει μόνο το μισό. Με αυτόν τον τρόπο είναι ενεργοποιημένες και οι τέσσερις περιελίξεις του βηματικού κινητήρα, με αποτέλεσμα να εξασφαλίζεται η μεγαλύτερη δυνατή ροπή.

Η ροή του ρεύματος μέσα από ένα διπολικό κινητήρα είναι διπλής κατεύθυνσης. Έτσι χρειάζεται να αλλάζει η πολικότητα στα άκρα κάθε ενός τυλίγματος. Το ρεύμα θα ρέει προς την αντίθετη κατεύθυνση, όταν η πολικότητα αντιστραφεί. Με χρησιμοποίηση κατάλληλων κυκλωμάτων επιτυγχάνεται η αλλαγή της πολικότητας.



Σχήμα 1.3(διπολική λειτουργία βηματικού κινητήρα,δηλαδή με διαδοχική αντιστροφή της φοράς του ρεύματος)

Όπως και οι μονοπολικοί, έτσι και οι διπολικοί κινητήρες μπορούν να περιστραφούν με ολόκληρο και μισό βήμα αν τροφοδοτηθούν με σήματα σε συγκεκριμένη διαδοχή. Τα σύμβολα + και - αντιπροσωπεύουν την πολικότητα της τάσης που εφαρμόζεται στο άκρο κάθε τυλίγματος και το δείχνει ότι δεν εφαρμόζεται καμία τάση. Στο παράδειγμα αυτό παρουσιάζονται 8 πλήρη βήματα. Στην πρώτη ακολουθία η κατανάλωση ισχύος ελαχιστοποιείται, καθώς ενεργοποιείται ένα μόνο τύλιγμα τη φορά. Στη δεύτερη ακολουθία η ροπή γίνεται μέγιστη, καθώς ενεργοποιούνται και τα δύο τυλίγματα σε κάθε βήμα.



Σχήμα 1.4 (Στην πρώτη ακολουθία η κατανάλωση ισχύος ελαχιστοποιείται, καθώς ενεργοποιείται ένα μόνο τύλιγμα τη φορά. Στη δεύτερη ακολουθία η ροπή γίνεται μέγιστη, καθώς ενεργοποιούνται και τα δύο τυλίγματα σε κάθε βήμα)

Αν συνδυαστούν αυτές οι δύο ακολουθίες σε μια, ο κινητήρας θα μπορεί να περιστραφεί με μισό βήμα τη φορά, δηλαδή θα περιστρέφεται κατά 150. Τότε κάθε περιστροφή θα ολοκληρώνεται σε διπλάσιο αριθμό βημάτων. Στη περίπτωση του μισού βήματος η ροπή που παράγεται δεν είναι σταθερή επειδή εναλλάσσεται η ενεργοποίηση ενός ή δύο τυλιγμάτων αντίστοιχα

1.7 Συνδεσμολογίες τυλιγμάτων

Όπως αναφέρθηκε και στην αρχή του κεφαλαίου, οι βηματικοί κινητήρες σήμερα διατίθενται στην αγορά σε πολλές παραλλαγές που μεταξύ άλλων ξεχωρίζουν από το πλήθος των ακροδεκτών που βγαίνουν από αυτούς.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται είδη βηματικών κινητήρων που κυκλοφορούν στο εμπόριο και η αντίστοιχη μορφή συνδεσμολογίας των τυλιγμάτων τους.

Καλώδια κινητήρα	Μορφή συνδεσμολογίας
4 καλώδια	διπολική
5 καλώδια	μονοπολική
6 καλώδια	μονοπολική διπολική(σύνδεση σειράς)
8 καλώδια	μονοπολική διπολική (σύνδεση σειράς , σύνδεση παράλληλα)

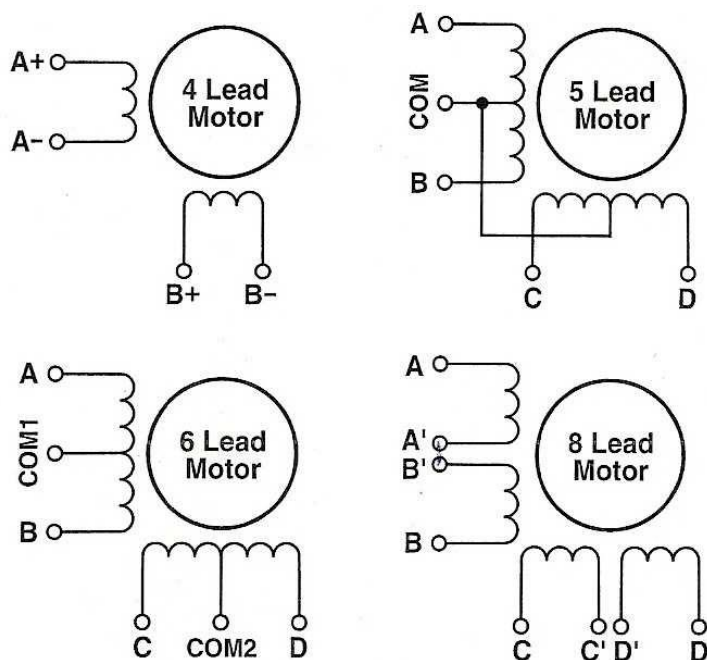
Η βασική κατασκευή των βηματικών κινητήρων περιλαμβάνει γενικά δύο τυλίγματα. Συνήθως οι κινητήρες διαθέτουν δύο περιελίξεις ανά τύλιγμα, δηλαδή υπάρχουν εσωτερικά έξι ακροδέκτες.

Σε κινητήρα τεσσάρων εξωτερικών ακροδεκτών, η μεσαία λήψη δεν προσφέρεται για συνδέσεις γι αυτό οι κινητήρες αυτοί (που προσφέρουν στην έξοδο τέσσερα καλώδια) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για διπολική λειτουργία.

Ένας βηματικός κινητήρας των πέντε ακροδεκτών έχει εσωτερικά βραχυκυκλωμένες μεταξύ τους τις μεσαίες λήψεις των τυλιγμάτων. Στην περίπτωση των 6 ακροδεκτών αν οι μεσαίες λήψεις συνδεθούν, επιτυγχάνεται μονοπολική λειτουργία. Αν όμως οι μεσαίες λήψεις παραμείνουν ασύνδετες (οπότε οι δύο περιελίξεις του τυλίγματος συνδέονται σε σειρά), ο κινητήρας χρησιμοποιείται σε διπολική λειτουργία.

Αντίστοιχα σε κινητήρα 8 ακροδεκτών μπορεί να επιτευχθεί μονοπολική λειτουργία με τη δημιουργία μεσαίας λήψης σε κάθε τύλιγμα. Αλλιώς, αν συνδεθούν σε σειρά ή παράλληλα οι δύο περιελίξεις του κάθε τυλίγματος, δημιουργούνται δύο ζεύγη ακροδεκτών (ένα για κάθε τύλιγμα) και τότε ο κινητήρας μπορεί να οδηγηθεί διπολικά. Γενικά, αν ένας κινητήρας διαθέτει τέσσερις ακροδέκτες είναι σχεδόν βέβαιο ότι είναι διπολικού τύπου. Αν διαθέτει πέντε ή έξι είναι σχεδόν βέβαιο ότι είναι μονοπολικού τύπου.

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται βασικές συνδεσμολογίες κινητήρων με 4, 5 6 και 8 καλώδια.



Σχήμα 1.5(βασικές συνδεσμολογίες κινητήρων με 4, 5 6 και 8 καλώδια)

1.8 Το βήμα

Μια από τις πιο κρίσιμες αποφάσεις αφορά στο μέγεθος του βήματος του μοτέρ. Αυτό καθορίζεται από την απαραίτητη διακριτική ικανότητα για τη συγκεκριμένη εφαρμογή. Κοινά βήματα για μοτέρ μόνιμου μαγνήτη είναι 7.5 και 3.6 μοίρες. Αυτό αντιστοιχεί σε 48 και 100 βήματα για κάθε περιστροφή, αντίστοιχα. Τα υβριδικά μοτέρ, έχουν τυπικά βήματα που ξεκινούν από 3.6 μοίρες, μέχρι 0.9 μοίρες (100 και 400 βήματα ανά περιστροφή, αντίστοιχα).

Μερικοί βηματικοί κινητήρες πωλούνται με μειωτήρες στροφών, που παρέχουν γωνίες πολύ μικρότερες από αυτές που μπορεί να πετύχει ακόμη και το πιο λεπτό στην κατασκευή βηματικό μοτέρ. Τα γρανάζια του μειωτήρα στροφών εξάλλου αυξάνουν την ροπή, όμως επειδή η ροπή είναι γενικά μικρή όταν αυξάνει η ταχύτητα περιστροφής, αναγκάζονται να ελαττώσουν την μέγιστη ταχύτητα.

Για γραμμική κίνηση, πολλά βηματικά μοτέρ συνδέονται με τη βοήθεια ενός γραναζιού με έναν ατέρμονα κοχλία. Έτσι μπορούν να επιτευχθούν μικρότατες μετατοπίσεις, καθώς αυτή η διάταξη προκαλεί εγγενώς μια μείωση της κίνησης.

1.9 Η Ροπή

Η ροπή είναι κρίσιμη στην επιλογή του κινητήρα. Οι βηματικοί κινητήρες χαρακτηρίζονται από διάφορα είδη ροπών.

1. Ροπή συγκράτησης (Holding torque)

Η ροπή που χρειάζεται για να κινηθεί ο άξονας του μοτέρ, όσο τα τυλίγματα είναι ενεργοποιημένα.

2. Ανασταλτική ροπή (Detent torque)

Η ροπή που χρειάζεται για να κινηθεί ο άξονας του μοτέρ όταν δεν υπάρχει ρεύμα στα τυλίγματα.

3. Ροπή ομαλής λειτουργίας-Ροπή ανατροπής (Pullout torque ή running torque)

Η ροπή που χρειάζεται για να κινηθεί ο άξονας του μοτέρ με σταθερή ταχύτητα, χωρίς να προκαλείται απώλεια βημάτων. Ονομάζεται και running torque όπου και χρησιμοποιούμε στην εκπόνηση της εργασίας μας .

4. Ροπή εκκίνησης (pull in torque)

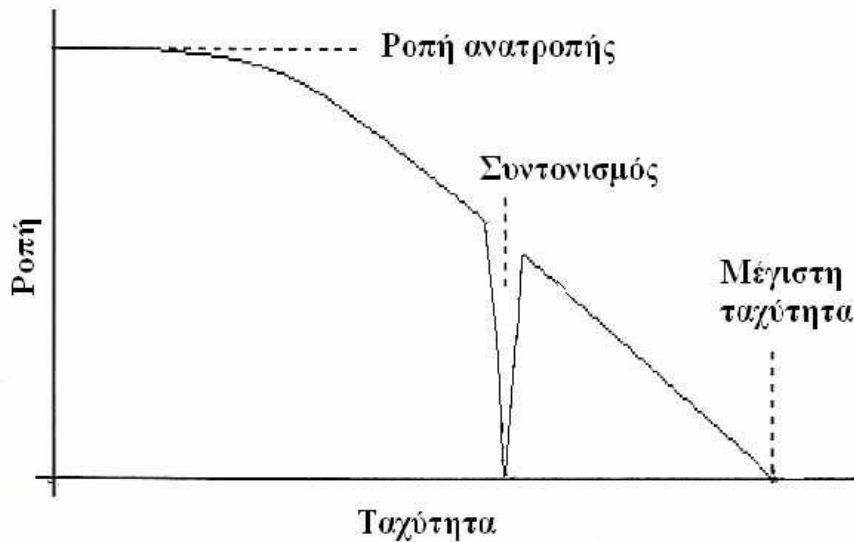
Η ροπή που χρειάζεται για να ξεκινήσει, να σταματήσει ή να αλλάξει φορά περιστροφής ο άξονας του μοτέρ χωρίς να χάσει κάποιο βήμα.

1.10 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.

1.11 Συντονισμός

Οι βηματικοί κινητήρες έχουν κατασκευαστεί ώστε να στρέφουν τον άξονα 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 στη 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 τέτοιο 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 οδήγηση τους με κατάλληλα ηλεκτρονικά κυκλώματα.



Σχήμα 1.6(Συντονισμός βηματικών κινητήρων)

1.12 Ισχύς

Τα επίπεδα ισχύος που δουλεύουν οι βηματικοί κινητήρες κυμαίνονται από μερικές εκατοντάδες mW (μικροί κινητήρες) έως αρκετά Watt (μεγάλοι κινητήρες). Η μέγιστη ισχύς απωλειών που μπορούν να σηκώσουν καθορίζεται από τα θερμικά χαρακτηριστικά των τυλιγμάτων. 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 65o C τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Είναι προφανές πως αν ο κινητήρας ψύχεται οι απώλειές του μειώνονται σημαντικά. Άλλα χαρακτηριστικά αναφέρονται στο φορτίο που μπορεί να κινήσει ένα μοτέρ καθώς περιστρέφεται, στην προβλεπόμενη ταχύτητά του, καθώς και στη δυνατότητα ενός κινητήρα να περιστραφεί, χωρίς να χάσει βήματα.

1.13 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα βηματικών κινητήρων

Όπως είναι φυσικό, κάθε μηχανισμός έχει κάποια πλεονεκτήματα και κάποια μειονεκτήματα.

Στην περίπτωση του βηματικού κινητήρα, μερικά από τα πλεονεκτήματα που αναφέρονται στη βιβλιογραφία είναι:

- Η γωνία περιστροφής είναι ανάλογη του πλήθους των παλμών που δίνονται.
- Η ταχύτητα περιστροφής είναι ανάλογη της συχνότητας των παλμών.
- Άριστη ανταπόκριση στις εντολές επιτάχυνσης, επιβράδυνσης και βηματισμού.
- Μη αθροιστικό σφάλμα κατά την περιστροφή του άξονα(το σφάλμα μετά από κάθε κίνηση είναι ίσο με +/-5% της γωνίας περιστροφής που αντιστοιχεί σε ένα βήμα).

- Δυνατότητα χαμηλής ταχύτητας περιστροφής και υψηλής ροπής χωρίς τη χρήση μειωτήρων.
- Δικατευθυντική λειτουργία.
- Άμεση ακινητοποίηση χωρίς καταστροφή του κινητήρα.
- Μακρόχρονη λειτουργία χωρίς προβλήματα λόγω της απουσίας ψηκτρών.

Αντίθετα αναφέρονται λιγότερα μειονεκτήματα :

- Αδυναμία λειτουργίας σε πολύ μεγάλες ταχύτητες.
- Αν υπερφορτωθούν χάνουν βήματα, με αποτέλεσμα την ανάγκη επαναρίθμησης τους.
- Συγκρινόμενοι με ένα συνηθισμένο κινητήρα AC ή DC ίδιου μεγέθους παρέχουν αισθητά μικρότερη ροπή.
- Το ανάστροφο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο (BACK-EMF)

Το μεγαλύτερο πρόβλημα και μειονέκτημα των βηματικών κινητήρων είναι το φαινόμενο back-EMF. Σύμφωνα με τον νόμο του Lenz, πρόκειται για μια ηλεκτρεγερτική τάση που προκαλείται συνεχώς, όταν μια ηλεκτρική μηχανή που είναι σε λειτουργία σταματά ή το αντίθετο, με αποτέλεσμα να προκαλείται ένα μαγνητικό πεδίο αντίδρασης.

Πιο απλά, όταν ρέει ρεύμα σε ένα πηνίο βηματικού κινητήρα τότε ένα μεγάλο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο δημιουργείται γύρω από το πηνίο. Όταν το ρεύμα αυτό μηδενιστεί, η ενέργεια του πηνίου πρέπει να πάει κάπου.

Εάν το μονοπάτι της ελάχιστης αντίστασης είναι κάποιο καλώδιο, αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την καταστροφή της διάταξης όπου το καλώδιο συνδέεται (πχ ο ηλεκτρονικός υπολογιστής).

1.14 Επιλογή βηματικού κινητήρα

Η επιλογή του βηματικού κινητήρα έγινε με βάση κάποιον ανακυκλωμένων συσκευών DVD player από παλαιωμένους υπολογιστές που βρισκότουσαν διαθέσιμοι προς αξιοποίηση από το ΤΕΙ και δεν χρειάζονταν κάποιου είδους αγορά .

Ο βηματικός κινητήρας λοιπόν που περιείχε μέσα το DVD player και που χρησιμοποιήσαμε είναι ο **PL15S-020** . Ο συγκεκριμένος step motor περιέχει και ενσωματωμένο δικό του οδηγό με περιορισμό 20 βημάτων.

1.15 Τύπος step motor και προδιαγραφές PL15S-020



Σχήμα 1.7

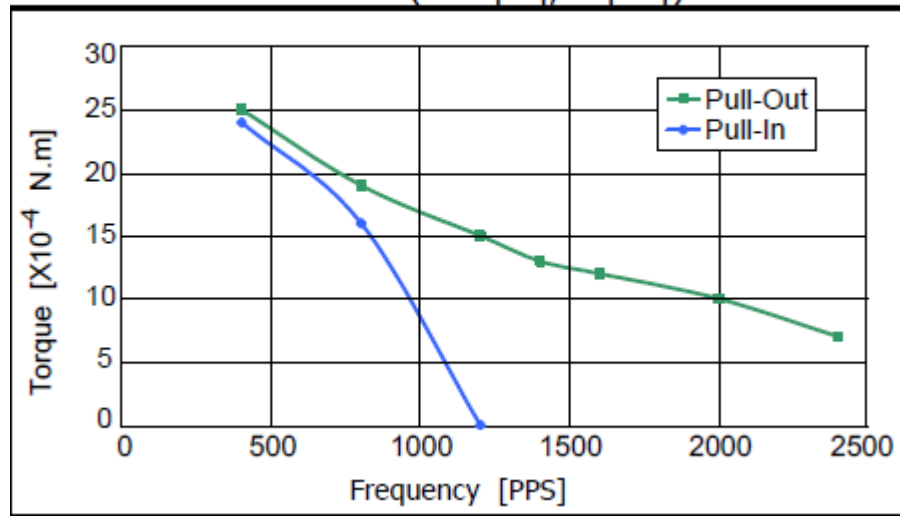
PL14S-020

Reference Characteristics

Motor size	PL14S-020
Number of steps per rotation	20
Drive method	2-2 phase
Drive Circuit	Bipolar const volt
Drive voltage	5[V]
Coil resistance/phase	10[Ω]
Magnet material	Nd-Fe-B bonded magnet (MS70)
Holding torque	30[*10⁻⁴Nm]
Maximum pull in frequency	1450 [pps]

Torque Characteristics

PL LEAD SCREW TYPE(at 5[V],10[Ω])

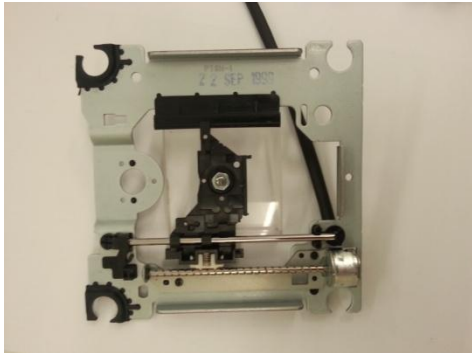


Σχήμα 1.8

Ο βηματικός κινητήρας λοιπόν με βάση τις προδιαγραφές του έχει drive Voltage = 5V και $R=10 \Omega$ οπότε τραβάει $I = \frac{5V}{10\Omega} = 0,5$ amp και $P = \text{drive_voltage} * I = 2,5$ watt.

1.16 Ικανότητες χρησιμοποιηθέντα βηματικού κινητήρα

Με βάση τις προδιαγραφές του STEP MOTOR PL15S-020 , παρατηρήσαμε ότι ο βηματικός μας κινητήρας μπορεί να κινηθεί έως 20 βήματα . Για να μπορέσουμε να πραγματοποιήσουμε ένα βήμα χρειαζόμαστε 4 φορές τις 4 καταστάσεις του **Switching sequence**. Μετά από μελέτη που πραγματοποιήσαμε παρατηρήσαμε ότι ο βηματικός μας κινητήρας δεν μπορεί να κάνει και τα 20 βήματα από την αρχή μέχρι το τέλος , παρόλο ότι υπάρχει η κατάλληλη υποδομή ώστε να τα κάνει , διότι υπάρχουν εμπόδια πάνω στην βάση που είναι εφαρμοσμένος ο βηματικός κινητήρας.



Σχήμα 1.9(βηματικός κινητήρας PL15S-020 με βάση και τραπέζι)

Έτσι για να μπορέσουμε να υπολογίσουμε την καθαρή επιφάνεια που μπορεί να κινηθεί , μετρήσαμε την καθαρή διανυόμενη απόσταση του οδηγού η οποία αντιστοιχούσε σε 15 βήματα και το κάθε βήμα , δηλαδή η απόσταση από αυλάκι σε αυλάκι του οδηγού αντιστοιχούσε σε 0,24cm , άρα η καθαρή επιφάνεια που μπορούμε να κινηθούμε είναι :

15 βήματα * 0,24 αυλάκι σε αυλάκι(1 βήμα)=3.6cm.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΨΗΦΙΑΚΗ ΟΔΗΓΗΣΗ

2.1 Επιλογή DRIVER

Για την αναζήτηση του οδηγού (ή DRIVER) ο πρώτος παράγοντας που έπρεπε να πάρουμε υπόψη ήταν οι προδιαγραφές των βηματικών κινητήρων που θα χρησιμοποιήσουμε για την εκπόνηση της πτυχιακής άσκησης. Έτσι με βάση τις προδιαγραφές του βηματικού μας κινητήρα ψάξαμε να βρούμε τον κατάλληλο οδηγό για την καλύτερη λειτουργία τους. Τα βασικά στοιχεία τα οποία πήραμε υπόψη από τις προδιαγραφές είναι, (τάση λειτουργίας, ρεύμα λειτουργίας και η ισχύς) των κινητήρων μας.

Με βάση αυτά τα δεδομένα κάναμε μια έρευνα και μελέτη σε μια γκάμα από διάφορους οδηγούς καταλήξαμε να χρησιμοποιήσουμε τον οδηγό L293D , για τον λόγο τον οποίο είναι πιο κοντά οι προδιαγραφές του (τάση λειτουργίας, ρεύμα λειτουργίας και η ισχύς) με βάση τις προδιαγραφές που προαναφέραμε για τους βηματικούς κινητήρες.

Προδιαγραφές Κινητήρα

Τάση λειτουργίας : 5V

Ρεύμα λειτουργίας : 0.5A

Ισχύς : 2.5W

Προδιαγραφές Οδηγού

Τάση λειτουργίας : 4.5V – 36V

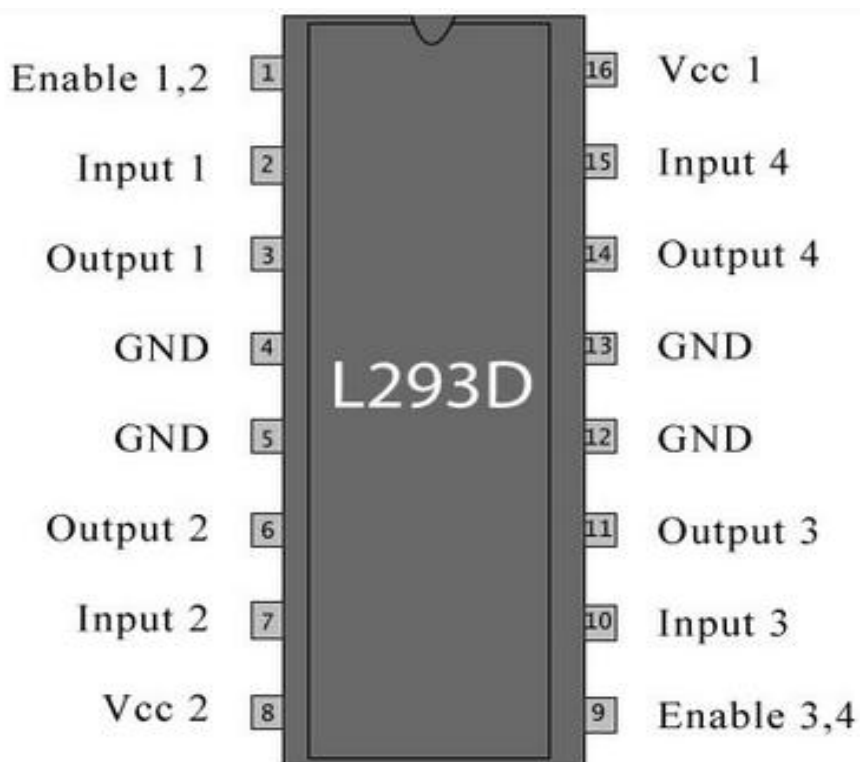
Ρεύμα λειτουργίας : 1.2A

Ισχύς : 2W – 5W

Με βάση τα όσα προαναφέραμε παραπάνω βασιζόμενοι στις προδιαγραφές του κινητήρα και του οδηγού μπορούμε να είμαστε πλέον σίγουροι πως ο οδηγός L293D μπορεί να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις στις οποίες θέλουμε να τον χρησιμοποιήσουμε.

Επιλέγοντας λοιπόν των οδηγό επικαλεστήκαμε τα Datasheet για την λειτουργία και την σωστή συνδεσμολογία τους ώστε να είναι έτοιμος να θέσει σε λειτουργία τους βηματικούς μας κινητήρες .

Παρακάτω φαίνονται οι ακροδέκτες του οδηγού..



Σχήμα 2.1(οδηγός L293D)

Απόλυτες μέγιστες τιμές λειτουργίας :

- Τάση τροφοδοσίας, V_{cc1} : 36V
- Τάση εξόδου, V_{cc2} : 36V
- Τάση εισόδου, V_i : 7V
- Εύρος τάσης : 4.5V -> 36V
- Εύρος τάσης εξόδου, V_o : -3V -> +3V
- Peak Ρεύμα εξόδου, I_o : +/- 1.2A
- Συνεχές ρεύμα εξόδου, I_o : +/- 0.6A

Σε αυτό το σημείο μπορούμε να δούμε την εσωτερική συνδεσμολογία που υπάρχει μέσα στο ολοκληρωμένο του L293D :

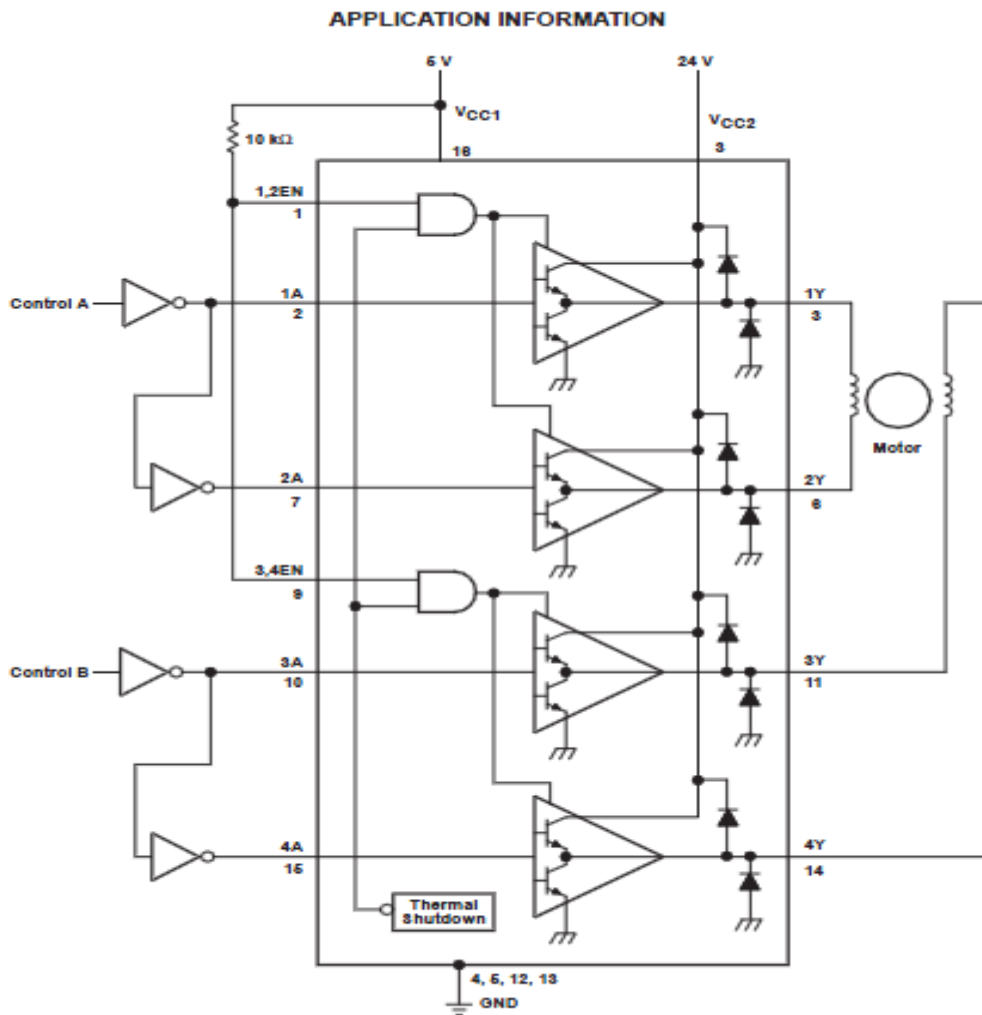


Figure 2. Two-Phase Motor Driver

Σχήμα 2.2(εσωτερική συνδεσμολογία L293D)

Βλέποντας την παραπάνω συνδεσμολογία παρατηρούμε πως το ολοκληρωμένο του οδηγού δεν είναι αυτόνομο και χρειάζεται κάποιες προσθετικές πύλες Not για την σωστή και ορθή συνδεσμολογία του, οι οποίες θα αναλυθούν στο κεφάλαιο 2.2.

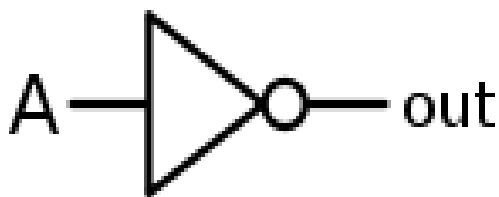
2.2 Προσθετικά εξαρτήματα για την σωστή λειτουργία του L293D

Μετά από την επιλογή του οδηγού και με βάση την σχεδίαση του για την σωστή λειτουργία του παρατηρήσαμε πως θα χρειαστούμε και κάποια εξωτερικά εξαρτήματα όπως κάποιες πύλες NOT. Αυτές οι πύλες βρίσκονται ενσωματωμένες μέσα σε ένα ολοκληρωμένο με 6 NOT για χρήση.

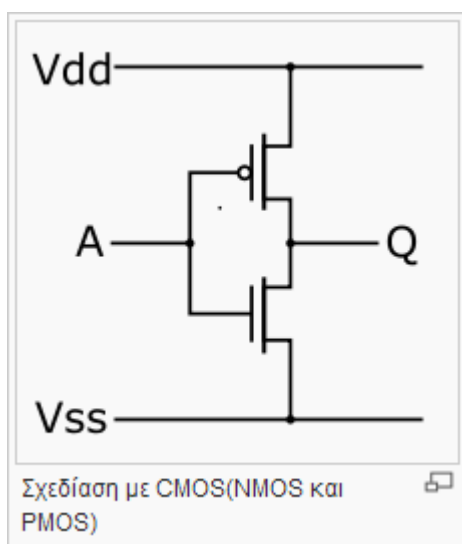
Η πύλη **NOT** (OXI) έχει μόνο μία είσοδο και δίνει μόνο μία έξοδο. Η λειτουργία της είναι η αντιστροφή του λογικού σήματος της εισόδου. Ο πίνακας αληθείας της πύλης είναι :

Είσοδος	Έξοδος
A	(OXI) A
0	1
1	0

Το κυκλωματικό σχεδιάγραμμα της πύλης NOT είναι :



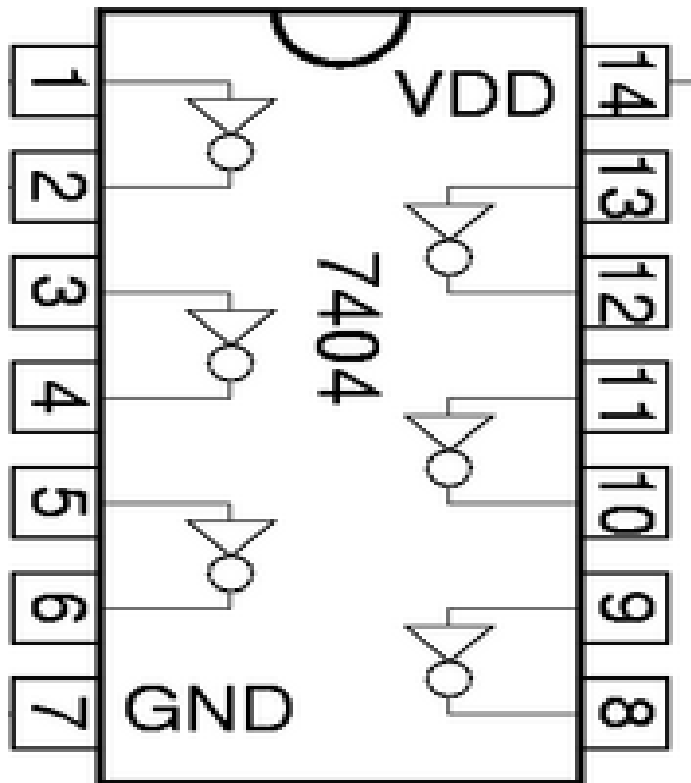
Σχεδίαση της πύλης NOT :



Σχήμα 2.3(εσωτερικό κύκλωμα NOT)

Από τα Datasheet μπορούμε να δούμε κάποια βασικά της χαρακτηριστικά, καθώς επίσης μπορούμε να δούμε τον τρόπο με τον οποίος είναι συνδεδεμένες όλες οι πύλες NOT στο εσωτερικό του ολοκληρωμένου.

Παρακάτω βλέπουμε τους ακροδέκτες του ολοκληρωμένου με τις πύλες NOT :



Σχήμα 2.4(διάταξη ολοκληρωμένου NOT)

- Τάση τροφοδοσίας, V_{cc} : 7V
- Τάση εισόδου : 7V

2.3 Flip-Flop

2.3.1 Τι είναι τα Flip-Flop

Τα Flip-Flop είναι σύγχρονα ακολουθιακά κυκλώματα, οι έξοδοι των οποίων ανταποκρίνονται στις εισόδους όταν εφαρμόζονται παλμοί συγχρονισμού που αποκαλούνται και παλμοί ρολογιού (Clock Pulses). Τα Flip-Flop αποτελούν τις δομικές μονάδες για πιο πολύπλοκα ψηφιακά κυκλώματα όπως καταχωρητές, απαριθμητές αλλά και κάποιες κατηγορίες μνήμης RAM.

2.3.2 Λειτουργία του Flip-Flop

Το Flip-Flop έχει μία ή δύο σύγχρονες εισόδους και δύο εξόδους, την κατάσταση του Flip-Flop που συμβολίζεται με το Q και το συμπλήρωμά της που συμβολίζεται με !Q. Το Flip-Flop έχει μία είσοδο ρολογιού (clock), η άφιξη των παλμών του οποίου είναι υπεύθυνη για την πιθανή αλλαγή της κατάστασης του Flip-Flop, ανάλογα με τα δεδομένα των σύγχρονων εισόδων του. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται σκανδαλισμός (triggering). Το Flip-Flop έχει δύο ασύγχρονες εισόδους CLEAR και PRESET που υπερισχύουν των σύγχρονων εισόδων και μπορούν να οδηγήσουν την έξοδο, ανεξάρτητα του παλμού ρολογιού (clock).

Πίνακας λειτουργίας του Flip-Flop

CLEAR	PRESET	Λειτουργία
0	0	Αχρησιμοποίητη Κατάσταση
0	1	Ασύγχρονος Μηδενισμός
1	0	Ασύγχρονη Θέση
1	1	Σύγχρονη Λειτουργία

2.3.3 Το Flip-Flop ως στοιχείο μνήμης

Βασικά στοιχεία των ψηφιακών κυκλωμάτων είναι οι πύλες. Το χαρακτηριστικό των πυλών είναι ότι η έξοδος τους σε κάποια χρονική στιγμή εξαρτάται αποκλειστικά από την είσοδο τους την συγκεκριμένη χρονική στιγμή και όχι από προηγούμενες καταστάσεις τους. Δηλαδή οι πύλες δεν έχουν μνήμη.

Αντίθετα, τα Flip-Flop είναι τα βασικά στοιχεία μνήμης τα οποία μπορούν να αποθηκεύσουν μία δυαδική πληροφορία. Η πληροφορία αυτή που είναι το "1" ή το "0" παραμένει σταθερή μέχρι το Flip-Flop να ξανά διεγερθεί.

Στην παραπάνω ενότητα 2.3.3 αναφέραμε την διέγερση χωρίς να επεκταθούμε σε κάποια αναφορά ή κάποια εξήγηση, στην παρακάτω ενότητα λοιπών θα εξηγήσουμε τι είναι αυτή η λεγόμενη διέγερση.

2.3.4 Διέγερση του Flip-Flop

Τα Flip-Flop διεγείρονται με τους παλμούς του ρολογιού (clock) τους. Οι παλμοί του ρολογιού μπορεί να είναι θετικοί ή αρνητικοί. Μία πηγή θετικών παλμών ρολογιού παραμένει στο "0" κατά το διάστημα μεταξύ παλμών και πάει στο "1" κατά τη διάρκεια του παλμού. Μία πηγή αρνητικών παλμών ρολογιού παραμένει στο "1" κατά το διάστημα μεταξύ παλμών και πάει στο "0" κατά τη διάρκεια του παλμού. Αυτή είναι η λεγόμενη διέγερση του Flip-Flop.

2.3.5 Μεταβάσεις των παλμών του ρολογιού

Οι είσοδοι του Flip-Flop προετοιμάζουν την αλλαγή κατάστασης του, η οποία πραγματοποιείται με το θετικό ή αρνητικό μέτωπο του παλμού του ρολογιού.

- Η μετάβαση από το "0" στο "1" ονομάζεται θετική μετάβαση (Positive Going Transition – PGT) ή μετάβαση ανόδου ή θετική ακμή (positive edge) ή θετικό μέτωπο.
- Η μετάβαση από το "1" στο "0" ονομάζεται αρνητική μετάβαση (Negative Going Transition – NGT) ή μετάβαση καθόδου ή αρνητική ακμή (negative edge) ή αρνητικό μέτωπο.



Σχήμα 2.5(σχεδιασμός παλμών Flip-Flop)

Για το JK Flip-Flop έχουμε τον χαρακτηριστικό πίνακα και τον πίνακα διέγερσης

Χαρακτηριστική εξίσωση

$$Q(t+1) = J!Q(t) + K!Q(t)$$

Χαρακτηριστικός πίνακας

J	K	Q(t+1)	Λειτουργία
0	0	Q(t)	Αμετάβλητη Κατάσταση
0	1	0	Σύγχρονος Μηδενισμός
1	0	1	Σύγχρονη Θέση
1	1	$\neg Q(t)$	Αντιστροφή (Toggle)

Πίνακας διέγερσης

Q(t)	Q(t+1)	J	K
0	0	0	D
0	1	1	D
1	0	D	1
1	1	D	0

Βασιζόμενοι στα παραπάνω που αναφέραμε για τα Flip-Flop και με βάση τα δεδομένα και τα ζητούμενα της πτυχιακής μας εργασίας προπορευτήκαμε για την υλοποίηση του τελικού μας στόχου.

Με αυτόν τον τρόπο λοιπόν χρησιμοποιήσαμε τον πίνακα καταστάσεων περιστροφής που έχουμε από το εγχειρίδιο δεδομένων του βηματικού κινητήρα και έτσι μπορέσαμε να φτιάξουμε τις καταστάσεις των Flip-Flop ώστε να μπορέσουμε να κάνουμε την περιστροφή του κινητήρα.

Πίνακας καταστάσεων βηματικού κινητήρα (PL15S-020)

STEP/TERMINAL	A1	A2	B1	B2
0	-	+	+	-
1	-	+	-	+
2	+	-	-	+
3	+	-	+	-

Αποκωδικοποιώντας τον παραπάνω πίνακα και κάνοντας (A1,A2) ένα ζεύγος και (B1,B2) ένα ζεύγος, με βάση τον παρακάτω πίνακα βγάζουμε τις καταστάσεις για τα Flip-Flop.

+	-	0
-	+	1

Οπότε έχουμε για CW(ωρολογιακή φορά) τις παρακάτω καταστάσεις :

Κατάσταση	A(A1,A2)	B(B1,B2)
0	1	0
1	1	1
2	0	1
3	0	0

Αντίθετα για CCW (αντί ωρολογιακή φορά) έχουμε τις παρακάτω καταστάσεις :

Κατάσταση	A(A1,A2)	B(B1,B2)
0	0	1
1	0	0
2	1	0
3	1	1

Για να κάνουμε ένα βήμα στον κινητήρα που ισούται με $\frac{1}{4}$ της στροφής θα χρειαστούμε τον συνδυασμό 2 Flip_Flop για να επιτύχουμε τις 4 διαφορετικές καταστάσεις .

Για να πετύχουμε τις 4 καταστάσεις χρειαζόμαστε : $2^2 = 4$ καταστάσεις ο εκθέτης συμβολίζει το πλήθος των Flip_Flop .

Προηγούμενη Κατάσταση		Επόμενη Κατάσταση		J_2	K_2	J_1	K_1
0	0	1	0	1	d	0	d
0	1	0	0	0	d	d	1
1	0	1	1	d	0	1	d
1	1	0	1	d	1	d	0

$Q_1 \backslash Q_2$	0	1
0	1	d
1	0	d

$Q_1 \backslash Q_2$	0	1
0	d	0
1	d	1

$Q_1 \backslash Q_2$	0	1
0	0	1
1	d	d

$Q_1 \backslash Q_2$	0	1
0	d	d
1	1	0

$$J_2 = !Q_1$$

$$K_2 = Q_1$$

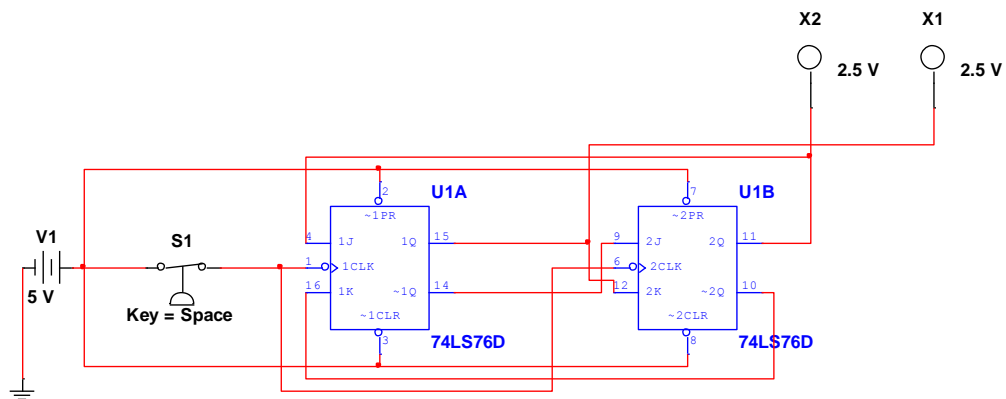
$$J_1 = Q_2$$

$$K_1 = !Q_2$$

Με την βοήθεια της μεθόδου απλοποίησης KARNAUGH καταφέραμε να αναλύσουμε τους πίνακες και μπορέσαμε να βγάλουμε την σωστή συνδεσμολογία των Flip-Flop, καθώς επίσης και την λειτουργία των 4 καταστάσεων που χρειαζόμασταν εξ αρχής.

Στο παρακάτω σχήμα 2.6 που θα δείτε φαίνεται ξεκάθαρα ο τρόπος συνδεσμολογίας των δύο Flip-Flop. Το κύκλωμα αυτό εκτελέστηκε στο πρόγραμμα MULTISIM που είναι για ψηφιακά κυκλώματα.

Κύκλωμα και περιβάλλον σχεδιασμού των Flip-Flop :

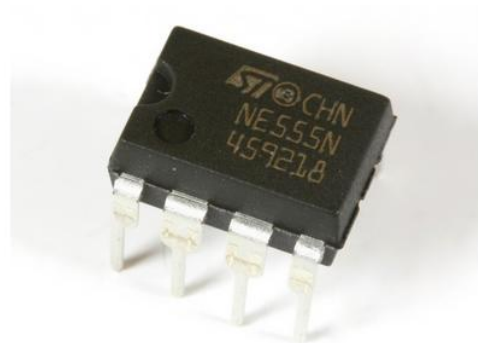
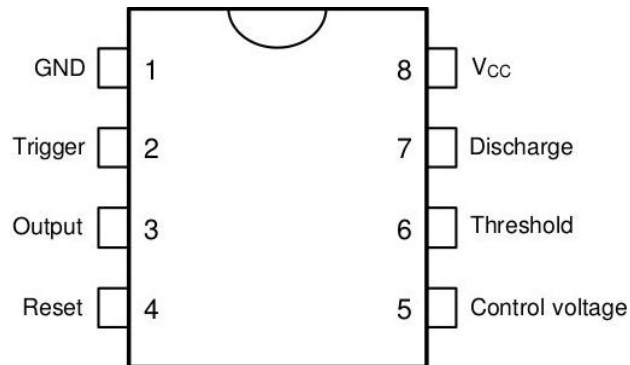


Σχήμα 2.6(σχεδιασμός απαιτούμενων καταστάσεων Flip-Flop)

2.4 Χρονομέτρης NE555N

2.4.1 Τι είναι το NE555N

Ο χρονομέτρης NE555N είναι ένα πολύ εύχρηστο και φθινό ολοκληρωμένο κύκλωμα. Χρησιμοποιείται σε κυκλώματα χρονισμού όπου δηλαδή στο κύκλωμα χρειάζεται να εισαχθεί ο παράγοντας του χρόνου.



Σχήμα 2.7(διάταξη ολοκληρωμένου NE555N)

Λειτουργίες ακροδεκτών NE555N :

- Pin 1 : Είναι η γείωση
- Pin 2 : Σκανδάλη
- Pin 3 : Έξοδος
- Pin 4 : Επαναφορά στις αρχικές συνθήκες
- Pin 5 : Τάση ελέγχου
- Pin 6 : Όριο
- Pin 7 : Αποφόρτιση
- Pin 8 : Τάση παροχής

Τα παραπάνω στοιχεία αναφέρονται για την λειτουργία του κάθε ακροδέκτη επάνω στο ολοκληρωμένο NE555N.

2.4.2 Βασικές λειτουργίες χρονομέτρη NE555N

Οι βασικότερες λειτουργίες του χρονομέτρη που έχουμε είναι δύο, οι οποίες είναι Μονοσταθής λειτουργία και η Ασταθής λειτουργία. Αναλύοντας λοιπόν αυτές τις δύο κατηγορίες έχουμε τις εξής πληροφορίες :

Μονοσταθής λειτουργία

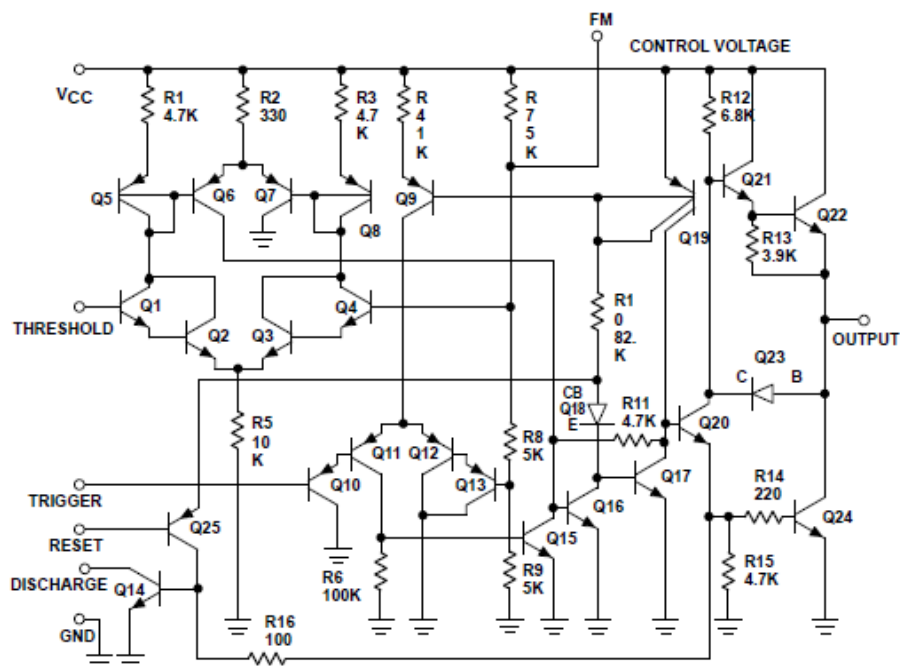
Με αυτό τον τρόπο λειτουργίας του 555, μπορεί ένα εξωτερικό εξάρτημα (π.χ. led, κινητήρας, λάμπα κ.τ.λ.) να ενεργοποιηθεί για κάποια προκαθορισμένη χρονική διάρκεια ή αντίθετα το εξάρτημα να ενεργοποιηθεί μετά από κάποιο προκαθορισμένο χρόνο. Μιλάμε δηλαδή για λειτουργία 'μιας στιγμής'. Για παράδειγμα θα μπορούσαμε να χρονομετρούμε πόση ώρα είναι ενεργοποιημένη μία σειράνα.

Ασταθή λειτουργία

Στην ασταθή λειτουργία το 555 δεν παρουσιάζει σταθερή κατάσταση, αλλά αλλάζει από μια κατάσταση στην άλλη σε προκαθορισμένους χρόνους. Για παράδειγμα, μια λάμπα μπορεί να αναβοσβήνει συνέχεια με κάποιο ρυθμό και επίσης να έχει και μία σταθερή (προκαθορισμένη) συχνότητα.

2.4.3 Υλικά κατασκευής του ολοκληρωμένου NE555N

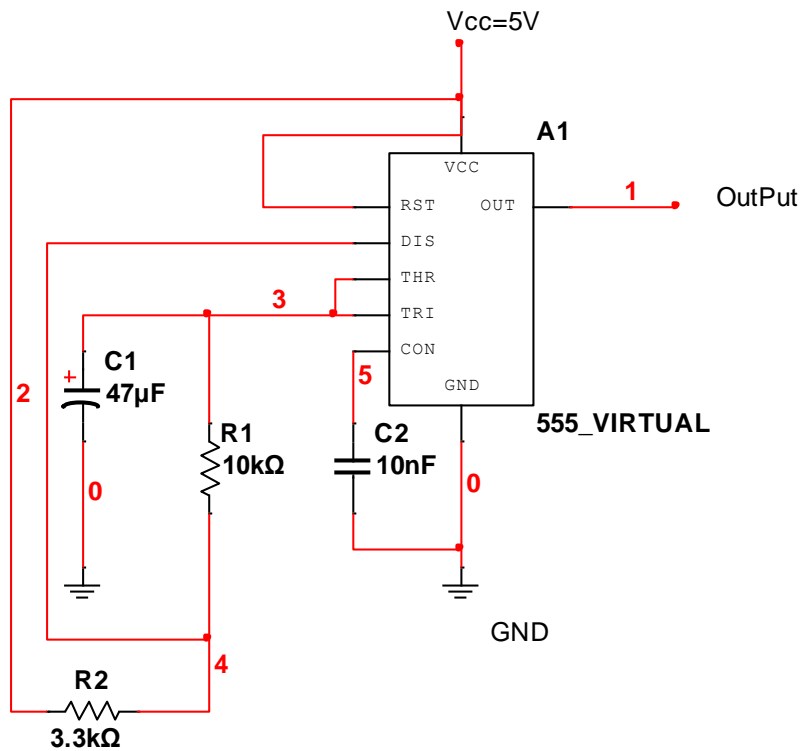
Το ολοκληρωμένο κύκλωμα 555 αποτελείται από ένα κομμάτι σιλικόνης πάνω στο οποίο έχει χαραχθεί ένα κύκλωμα αποτελούμενο από 25 τρανζίστορ, 2 διόδους και 16 αντιστάσεις. Το ολοκληρωμένο αυτό συσκευάζεται σε μαύρο πλαστικό με 8 ακροδέκτες σε δύο ευθυγραμμισμένες γραμμές (DIL – Dual In Line). Στο παρακάτω Σχήμα 2.8 φαίνεται η εσωτερική συνδεσμολογία του ολοκληρωμένου NE555N.



Σχήμα 2.8(εσωτερική συνδεσμολογία του ολοκληρωμένου NE555N)

2.4.4 Εφαρμογή του NE555N

Για τις ανάγκες της πτυχιακής μας εργασίας χρειαστήκαμε να δημιουργήσουμε ένα χρονομετρητή (timer), ο οποίος θα προσαρμοστεί και θα συνδεθεί έτσι ώστε να μπορεί να στέλνει παλμούς με συγκεκριμένοι σταθερά χρόνου και με συγκεκριμένοι συχνότητα. Επιλέξαμε αυτού του είδους την συνδεσμολογία για το 555 διότι μας εξυπηρετεί για την εφαρμογή που θέλουμε να κάνουμε. Στο παρακάτω Σχήμα 2.9 φαίνεται ο τρόπος συνδεσμολογία του 555, στο πρόγραμμα MULTISIM.



Σχήμα 2.9 (Συνδεσμολογία NE555N)

2.4.5 Υπολογισμός τιμών των εξαρτημάτων

Για τις ανάγκες και τα ζητούμενα που θέλαμε εμείς για την πτυχιακή μας εργασία αποφασίσαμε, ότι θέλουμε να δημιουργήσουμε ένα παλμό με σταθερά χρόνο 0,5sec και με σταθερή συχνότητα 2KHZ.

Υπολογισμός των τιμών των αντιστάσεων, πυκνωτών έγινε με τον τρόπο και με τον τύπο που θα δείτε παρακάτω :

Τύπος

$$F = 1.49 / (RA + 2 * RB) * C$$

Παίρνουμε αυθαίρετα το $RA = 10K\Omega$, $C1 = 47\mu f$ και 2KHZ πάω λοιπόν στον τύπο και αντικαθιστώ τις τιμές, οπότε έχω :

$$2 = 1.49 / (10000 + 2 * RB) * 47 * 10e-6$$

$$1.49 \cdot 10^{-6} = 94 \cdot (10000 + 2 \cdot RB)$$

$$10000 + 2 \cdot RB = 1.49 \cdot 10^{-6} / 94$$

$$10000 + 2 \cdot RB = 0.01585 \cdot 10^{-6}$$

$$2 \cdot RB = 15850 - 10000$$

$$RB = 5850 / 2 = 2950 \Omega$$

Από τον παραπάνω υπολογισμό παρατηρούμε πως η αντίσταση RB είναι περίπου 3KΩ, επειδή όμως στο εμπόριο δεν υπάρχει αντίσταση με την συγκεκριμένη τιμή καταλήξαμε να επιλέξουμε λίγο μεγαλύτερη από αυτήν που υπολογίσαμε.

Τελικός για την συνδεσμολογία του ρολογιού που φτιάξαμε χρησιμοποιήσαμε τα παρακάτω υλικά και τιμές τους.

- Αντίσταση : RA=10 KΩ
- Αντίσταση : RB=3.3 KΩ
- Πυκνωτής : C1=47 μf
- Πυκνωτής κεραμικός : C2=10 nf

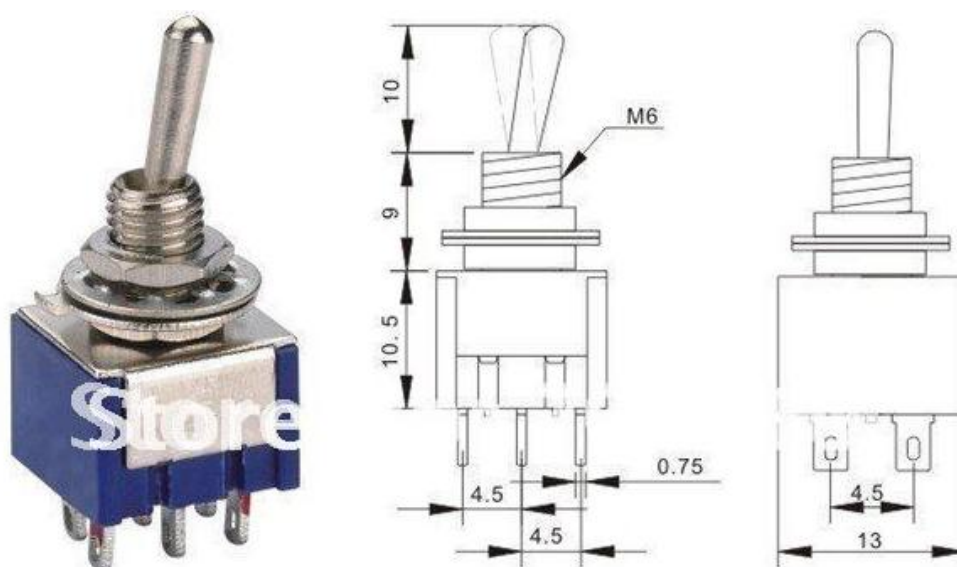
Ο παλμός ο οποίος δημιουργήσαμε με την βοήθεια του NE555N, είναι για τις ανάγκες αλλαγής κατάστασης στα Flip-Flop, δηλαδή κάθε φορά που ο timer μας θα στέλνει παλμό στα Flip-Flop θα αλλάζει και μία κατάσταση τους με σκοπό να γίνεται η ενεργοποίηση του βηματικού μας κινητήρα ώστε να τροφοδοτούνται τα πηνία στο εσωτερικό του και να μπορεί να περιστραφεί ο κινητήρας μας.

2.5 Διακόπτης επιλογής θέσης

Όπως γνωρίζουμε όλοι μας οι διακόπτες που μπορεί να βρει κάποιος έξω στην αγορά είναι αμέτρητα πάρα πολύ, όσο αφορά το είδος τους την λειτουργία τους το μέγεθος τους όπως επίσης και το κόστος που μπορεί να έχει, (π.χ. διακόπτες τριών καταστάσεων, διακόπτες δύο καταστάσεων κ.τ.λ.)

Οι διακόπτες που χρησιμοποιήσαμε είναι τριών καταστάσεων (on-off-on) για τον λόγο του ότι μας βόλευε και μας εξυπηρετούσε για τις τρεις διαφορετικές λειτουργίες που θέλαμε να υλοποιήσουμε για τις κινήσεις των βηματικών κινητήρων που χρησιμοποιήθηκαν, ο λόγος που επιλέξαμε τον συγκεκριμένο τύπο είναι ότι μπορεί να κάνει τρεις διαφορετικές λειτουργίες δεξιά, αριστερά και σταμάτημα του κινητήρα μας.

Ο διακόπτης τριών καταστάσεων (on-off-on) φαίνεται παρακάτω :

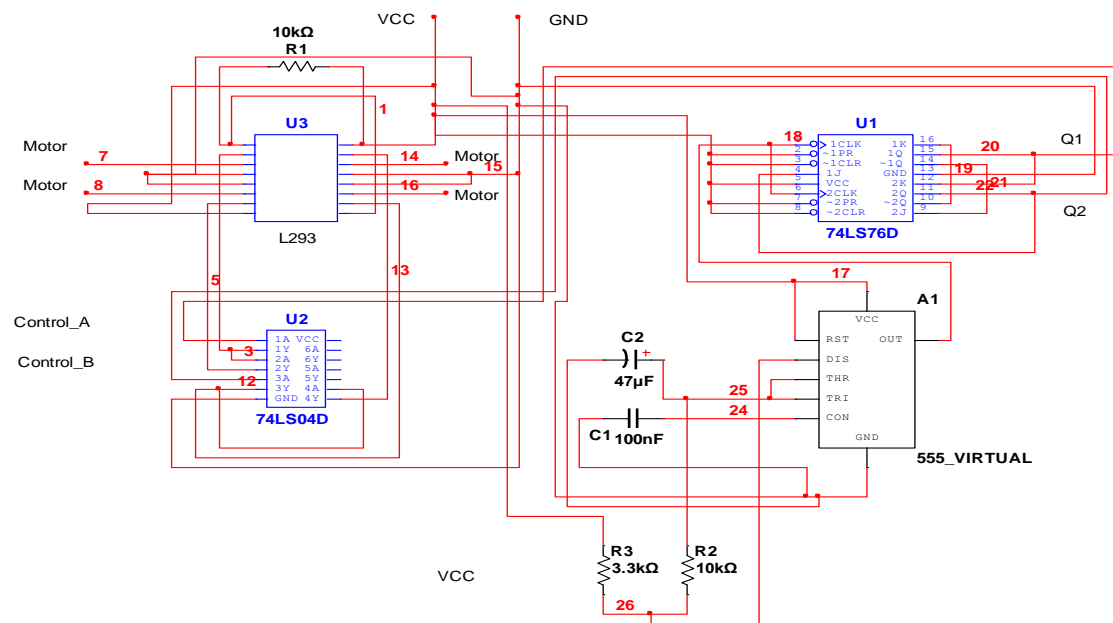


Σχήμα 2.10(διακόπτης τριών καταστάσεων)

2.6 Τελική συνδεσμολογία του κυκλώματος οδήγησης

Με βάση τα όσα αναφέραμε και αναλύσαμε στις παραπάνω ενότητες και υποενότητες, φτάσαμε πλέον στην τελική συνδεσμολογία της ψηφιακής οδήγησης των βηματικών κινητήρων. Το κύκλωμα υλοποιήθηκε στο πρόγραμμα MULTISIM. Αυτό φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα 2.11 .

Κύκλωμα ψηφιακής οδήγησης :



Σχήμα 2.11(Κύκλωμα ψηφιακής οδήγησης)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Γενικά στοιχεία χρησιμοποιούμενου μικροελεγκτή MSP430 LaunchPad

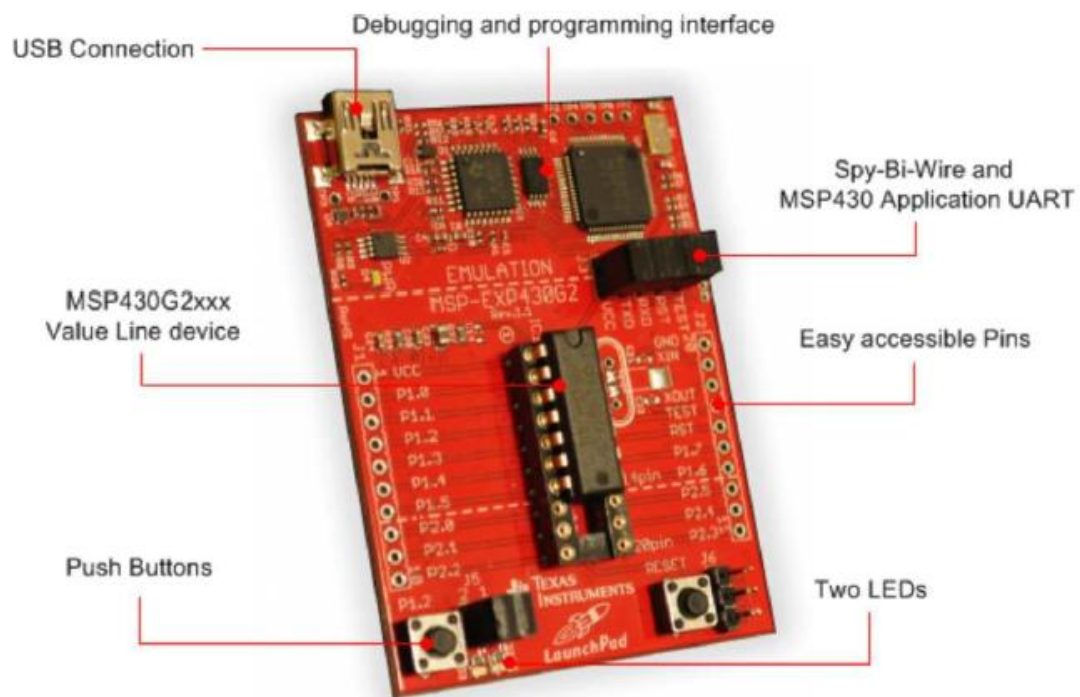
Γενικά για τον MSP430 :

Ο MSP430 διαθέτει όλα όσα χρειάζεται για να ξεκινήσετε την ανάπτυξη ελεγχόμενων συσκευών μέσω ενός μικροελεγκτή ο οποίος, έχει μια ειδικά σχεδιασμένη θέση επάνω στην πλακέτα ώστε να μπορούμε να τον βάζουμε και να τον βγάζουμε. Η θέση που έχει σχεδιαστεί για τον μικροελεγκτή δεν είναι μόνο για έναν τύπο αλλά για δύο διαφορετικούς τύπους με διαφορετικά χαρακτηριστικά κυρίως όσον αφορά τα pin. Ο MSP430 είναι σχεδιασμένος έτσι ώστε να έχουμε στην διάθεση μας είτε 14Pin είτε 20Pin ανάλογα με τον μικροελεγκτή που θα κουμπωθεί επάνω. Οι πλακέτα έχει πάνω δύο διαθέσιμα κουμπάκια, δύο διαθέσιμα Led καθώς και BoosterPack συμβατή Pinouts που υποστηρίζουν ένα ευρύ φάσμα των Plug-in-module για πρόσθετη λειτουργικότητα, όπως ασύρματη σύνδεση κ.τ.λ.

Ο MSP430 έχει μέχρι 16KB Flash, 512BRAM , CPU με ταχύτητα 16MHZ ολοκληρωμένα περιφερειακά όπως 8κανάλια τον 10bit, χρονόμετρα, σειριακή επικοινωνία (UART, I2C και SPI) και πολλά άλλα. Ο MSP430 μπορεί να τροφοδοτείτε με τάση απευθείας με 5V τάση στο Pin Vcc το οποίο είναι το Pin1 επίσης μπορεί να τροφοδοτείτε με τάση και από το καλώδιο USB με το οποίο συνδέεται στο PC για την μεταφορά δεδομένων (προγράμματος) από το PC στον μικροελεγκτή. Υπάρχουν 20Pin τα οποία μπορείς να τα χρησιμοποιήσεις σαν εισόδους ή εξόδους, κάποια από αυτά τα Pin είναι συνδεδεμένα εσωτερικά με κάποιο κουμπί ή κάποιο Led. Το Pin test είναι για να κάνουμε δοκιμή λειτουργίας. Το Pin RST είναι για την επαναφορά εισαγωγής δεδομένων δοκιμών ή εξόδων. Το Pin RXD για να λαμβάνει δεδομένα εξόδου. Το Pin TXD είναι για δεδομένα εξόδου μεταδώσεις. Το Pin GND το οποίο είναι για την γείωση της πλακέτας. Τα Pin Xin και Xout είναι σήματα του ταλαντωτή LFX1 ο οποίος μπορεί να υποστηρίξει ταλαντωτές χαμηλής συχνότητας, όπως ένα ρολόι κρυστάλλου 32768Hz ή πρότυπο κρύσταλλο με ένα πεδίο. Οι γραμμές σήματος Xin και Xout μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως I/O ή ως ψηφιακή είσοδο συχνότητας.

Χαρακτηριστικά :

- Τάση λειτουργίας 5V
- Pin I/O 20
- Flash Memory 16KB
- RAM 512B
- Χρονόμετρα 16bit
- 8 κανάλια τον 10bit ADC
- Κρύσταλλο 32KHz
- Ταχύτητα CPU 16MHz



Σχήμα 3.1(μικροελεγκτής MSP430)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : Οδήγηση με μικροελεγκτή

4.1 Περιβάλλον προγραμματισμού Energia

Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία του κώδικα προγραμματισμού του μικροελεγκτή το energia της εταιρίας Texas Instruments. Η energia είναι μια open - source πλατφόρμα ηλεκτρονικών πρωτοτύπων που ξεκίνησε από τον Robert Wessels τον Ιανουάριο του 2012 με στόχο την υλοποίηση της καλωδίωσης και το πλαίσιο Arduino στο LaunchPad Texas Instruments MSP430 βάση . Η energia χρησιμοποιεί τον compiler mspgcc από τον Peter Bigot και βασίζεται στην καλωδίωση και το πλαίσιο Arduino .Επίσης η energia περιλαμβάνει ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) που βασίζεται σε Processing .

Η ίδρυση της Energia και Arduino είναι το πλαίσιο καλωδίωσης που έχει αναπτυχθεί από Hernando Barragan . Το πλαίσιο έχει δημιουργηθεί προσεκτικά με τους σχεδιαστές και τους καλλιτέχνες στο μυαλό για να ενθαρρύνει μια κοινότητα όπου και τους δύο αρχάριους και εμπειρογνώμονες από όλο τον κόσμο να μοιραστούν ιδέες , τις γνώσεις και τη συλλογική τους εμπειρία . Η ομάδα Energia υιοθετεί τη φιλοσοφία της μάθησης από την πράξη και προσπαθεί να το καταστήσει εύκολο να συνεργαστεί άμεσα με το υλικό .

Η energia ξεκίνησε να φέρει την καλωδίωση και το πλαίσιο Arduino στο Texas Instruments MSP430 LaunchPad . Texas Instruments προσφέρει MSP430 , Stellaris και C2000 LaunchPad . Το LaunchPad είναι ένας μικροελεγκτής χαμηλού κόστους που γίνεται από την Texas Instruments . Η τελευταία έκδοση του Energia υποστηρίζει τις MSP - EXP430G2 , MSP - EXP430FR5739 και Stellaris EK - LM4F120XL LaunchPads με υποστήριξη για το C2000 βάσης LAUNCHXL - F28027 LaunchPad έρχονται σύντομα .

Μαζί με την Energia , LaunchPad μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη διαδραστικών αντικειμένων , λαμβάνοντας δεδομένα από μια ποικιλία από διακόπτες ή αισθητήρες , και να ελεγχθεί μια ποικιλία από τα φώτα , κινητήρες και άλλες φυσικές εξόδους .

Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με LaunchPad μπορούν να βρεθούν στην ιστοσελίδα TI : www.ti.com/launchpad

4.2 Γλώσσα προγραμματισμού

Η Wiring είναι ένα πλαίσιο προγραμματισμού ανοικτού κώδικα για μικροελεγκτές. Η Wiring επιτρέπει εγγράφως cross-platform λογισμικό για τον έλεγχο συσκευών που συνδέονται σε ένα ευρύ φάσμα για να δημιουργήσει όλα τα είδη όπως διαδραστικά αντικείμενα ή χώρους. Το πλαίσιο έχει σχεδιασθή προσεκτικά με τους σχεδιαστές για να ενθαρρύνει ένα πλήθος για αρχάριους από όλο τον κόσμο να μοιραστούν ιδέες την γνώμη τους και την συνολική εμπειρία τους. Υπάρχουν χιλιάδες φοιτητές, σχεδιαστές, ερευνητές και αρχάριους που χρησιμοποιούν για την μάθηση την κατασκευή πρωτοτύπων ακόμα και για επαγγελματικής δουλειάς.

- Περιλαμβάνει χάρτες πορείας υποστήριξης για πολλές αρχιτεκτονικές <πυρήνες>.
- Ο πυρήνας AVR8, υποστηρίζει το υλικό Wiring και κάθε hardwarebased στους atmega επεξεργαστές AVR. AVR Xmega , AVR Tiny , TI MSP430 , Microchip PIC24/32 Series και STM M3 ARM πυρήνες θα είναι σύντομα διαθέσιμη .
- Απλή ενσωμάτωση τρίτων υποστήριξη υλικού atmel.
- Δωρεάν λήψη ανοικτού κώδικα και το υλικό που χρησιμοποιείται.
- Για το GNU / Linux , Mac OS X και Windows.
- Πάνω από 100 βιβλιοθήκες επέκτασης λογισμικού.
- Καλά τεκμηριωμένη.

Για να συμβάλετε στην ανάπτυξη μπορείτε να επισκεφθείτε την Wiring Wiki για όλες τις οδηγίες για την λήψη κώδικα, την δημιουργία από την πηγή, την υποβολή εκθέσεων και την παρακολούθηση σφαλμάτων και την δημιουργία βιβλιοθηκών.

Τύποι Wiring :

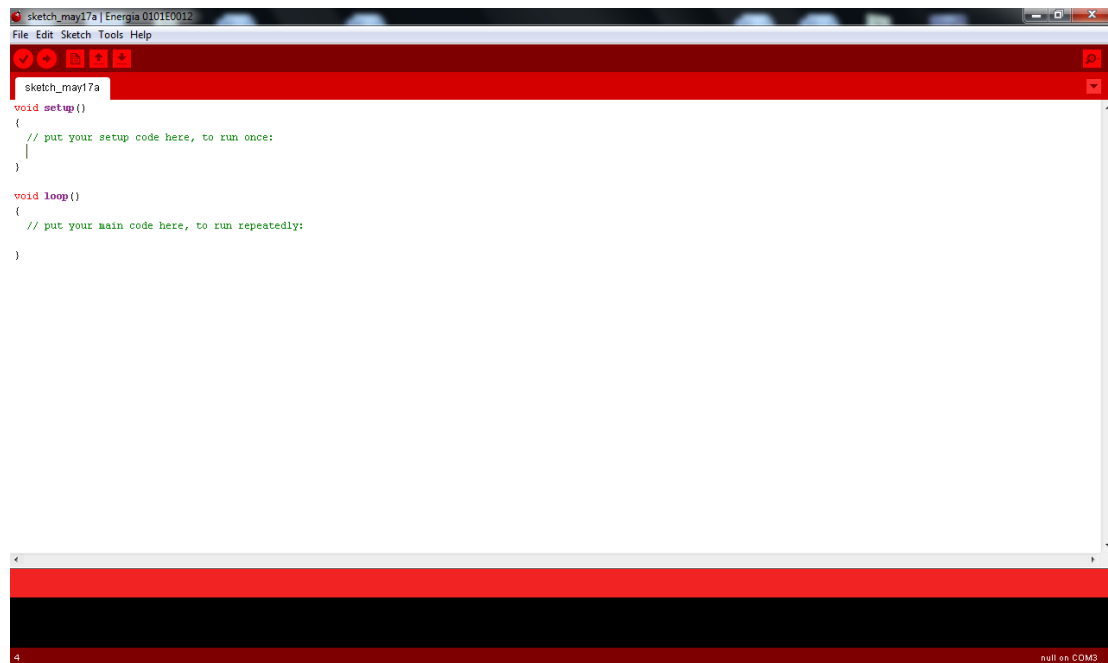
- Wiring @ Flickr
- Wiring @ Twitter
- Wiring @ Freenode κανάλι IRC # καλωδίωση

Μπορείτε να βρείτε τους ανθρώπους στο IRC (Internet Relay Chat) για να σας βοηθήσει με ερωτήσεις όπου αφορά τις Wiring εφαρμογές.

Η Wiring είναι ένα ανοιχτό έργο που ξεκίνησε από τον Hernando Barragán (Universidad de Los Andes | Αρχιτεκτονική και Σχεδιασμός School) . Η Wiring ξεκίνησε στο Interaction Design Institute Ivrea στην Ιταλία και αυτή τη στιγμή αναπτύσσονται στο Universidad de Los Andes , Αρχιτεκτονικής και Σχεδιασμού της Σχολής στην Κολομβία . © Info .

Η Wiring χτίζει για την επεξεργασία , ένα ανοιχτό έργο που ξεκίνησε από τον Ben Fry (Broad Institute) και Casey Ρέας (UCLA Design | Media Arts) . Επεξεργασία εξελίχθηκε από τις ιδέες διερεύνησης στην Αισθητικής και Υπολογισμού στο MIT Media Lab .

Περιβάλλον προγραμματισμού :



Σχήμα 4.1(προγραμματιστικό περιβάλλον)

4.3 Πρόγραμμα :

Το σχέδιο το οποίο κληθήκαμε να προγραμματίσουμε είναι για την σχεδίαση του γράμματος 'α' το οποίο συμβολίζει το τμήμα αυτοματισμού.

4.3.1 Δήλωση μεταβλητών

Σε αυτή την ενότητα θα δούμε πως γίνεται αρχικοποίηση και η δήλωση των μεταβλητών που θα χρησιμοποιηθούν για την εκτέλεση του προγράμματος μας. Δηλώνουμε τον τύπο της μεταβλητής (π.χ. INT, DOUBLE, GLOBAL κ.τ.λ.), επίσης δηλώνουμε σε ποια από τα Pin του μικροελεγκτή μας θα χρησιμοποιήσουμε.

```
int control_A = 2;

int control_B = 14;

int control_G=3;

int control_D=4;

int diakoptaki = 5;

int j=0;

int i=0;

int state_diakoptaki = 0;
```

4.3.2 Ρουτίνα Setup

Μέσα στην ρουτίνα Setup δηλώνουμε την λειτουργία που θα έχει κάθε Pin και όταν λέμε λειτουργία εννοούμε αν θα λειτουργεί σαν είσοδος ή σαν έξοδος, επίσης αν θα λειτουργεί σαν ψηφιακή ή αναλογική εγγραφή. Χωρίς την ρουτίνα αυτή που είναι από την αρχή του προγραμματιστικού περιβάλλοντος το πρόγραμμα δεν μπορεί να τρέξει .

```
void setup()

{

  pinMode(control_A, OUTPUT);

  pinMode(control_B, OUTPUT);

  pinMode(control_G, OUTPUT);
```

```

pinMode(control_D, OUTPUT);

pinMode(diakoptaki, INPUT_PULLUP);

digitalWrite(control_A,LOW);

digitalWrite(control_B,LOW);

digitalWrite(control_G,LOW);

digitalWrite(control_D,LOW);

}

```

4.3.3 Ρουτίνες X-Y αριστερά / δεξιά

Μέσα σε αυτές τις δύο ρουτίνες έχουμε βάλει τις καταστάσεις με τις οποίες θα πρέπει να κινείται ο κάθε βηματικός κινητήρας με βάση τις προδιαγραφές που έχουμε στην διάθεσή μας καθώς επίσης έχουμε ορίσει τον χρόνο που θα διαρκεί η κάθε κατάσταση μέχρι να μεταβεί στην επόμενη. Ουσιαστικά το πόσο γρήγορα ή αργά θέλουμε να στέλνουμε παλμούς στους κινητήρες ώστε να αλλάζουν κατάσταση. Οι καταστάσεις αυτές που αναφέρονται είναι για την λειτουργία των κινητήρων προς τα δεξιά ενώ για την λειτουργία των κινητήρων προς τα αριστερά ισχύουν η ακριβές αντίθετες καταστάσεις της κάθε σειράς δηλαδή βάζουμε όπου LOW το HIGH και το αντίθετο. Αυτό ισχύει και στην ρουτίνα με τον άξονα X αλλά και στην ρουτίνα με τον άξονα Y διότι ουσιαστικά η ρουτίνα αριστερά_X με την ρουτίνα αριστερά_Y είναι ίδιες απλά αναφέροντε σε άλλον άξονα.

void aristera_X()

```

{

digitalWrite(control_G,HIGH);

digitalWrite(control_D,LOW);

delay(50);

digitalWrite(control_G,HIGH);

digitalWrite(control_D,HIGH);

```

```
delay(50);  
digitalWrite(control_G,LOW);  
digitalWrite(control_D,HIGH);  
delay(50);  
digitalWrite(control_G,LOW);  
digitalWrite(control_D,LOW);  
delay(50);  
}
```

void deksia_Y()

```
{  
    digitalWrite(control_A,HIGH);  
    digitalWrite(control_B,LOW);  
    delay(50);  
    digitalWrite(control_A,HIGH);  
    digitalWrite(control_B,HIGH);  
    delay(50);  
    digitalWrite(control_A,LOW);  
    digitalWrite(control_B,HIGH);  
    delay(50);  
    digitalWrite(control_A,LOW);  
    digitalWrite(control_B,LOW);  
    delay(50);  
}
```

void deksia_X()

```
{  
    digitalWrite(control_G,HIGH);
```

```
digitalWrite(control_D,HIGH);
delay(50);
digitalWrite(control_G,HIGH);
digitalWrite(control_D,LOW);
delay(50);
digitalWrite(control_G,LOW);
digitalWrite(control_D,LOW);
delay(50);
digitalWrite(control_G,LOW);
digitalWrite(control_D,HIGH);
delay(50);
}
void aristera_Y()
{
digitalWrite(control_A,HIGH);
digitalWrite(control_B,HIGH);
delay(50);
digitalWrite(control_A,HIGH);
digitalWrite(control_B,LOW);
delay(50);
digitalWrite(control_A,LOW);
digitalWrite(control_B,LOW);
delay(50);
digitalWrite(control_A,LOW);
digitalWrite(control_B,HIGH);
delay(50);
}
```

4.3.4 Ρουτίνα σταματήματος

Στην ρουτίνα σταματήματος δίνουμε τις συνθήκες ηρεμίας στις εξόδους των κινητήρων έτσι ώστε να μπορώ να κόψω ανά πάσα στιγμή την κίνησή τους .

```
void stamatima()
{
    digitalWrite(control_A,LOW);
    digitalWrite(control_B,LOW);
    digitalWrite(control_G,LOW);
    digitalWrite(control_D,LOW);
}
```

4.3.5 Ρουτίνα εκτέλεσης βασικού προγράμματος

Η παρακάτω ρουτίνα **άξονας** ουσιαστικά παίζει τον ρόλο του κυρίως προγράμματος αν και πραγματικά δεν είναι .Σε αυτό το κομμάτι καλούμε τις ρουτίνες που έχουμε σχεδιάσει παραπάνω και ανάλογος δίνουμε κινήσεις στα μοτέρ να κάνουν κάποια κίνηση με βάση το απαιτούμενο σχέδια αποτύπωσης που μας έχει ζητηθεί.

```
void aksonas()
{
    for(i=0;i<8;i++)
    {
        deksia_X();
    }
    for(i=0;i<48;i++)
    {
        deksia_Y();
    }
    for(i=0;i<12;i++)
    {
```

```
    aristera_Y();
}
for(j=0;j<3;j++)
{
    for(i=0;i<2;i++)
    {
        deksia_X();
    }
    for(i=0;i<2;i++)
    {
        deksia_Y();
    }
}
for(i=0;i<24;i++)
{
    deksia_X();
}
for(j=0;j<3;j++)
{
    for(i=0;i<2;i++)
    {
        aristera_Y();
    }
}
for(i=0;i<2;i++)
{
    deksia_X();
}
```

```
}  
for(i=0;i<24;i++)  
{  
    aristera_Y();  
}  
for(j=0;j<3;j++)  
{  
    for(i=0;i<2;i++)  
    {  
        aristera_X();  
    }  
    for(i=0;i<2;i++)  
    {  
        aristera_Y();  
    }  
}  
for(i=0;i<24;i++)  
{  
    aristera_X();  
}  
for(j=0;j<3;j++)  
{  
    for(i=0;i<2;i++)  
    {  
        deksia_Y();  
    }  
    for(i=0;i<2;i++)
```



```

{
  aristera_X();
}
}
stamatima();
for(;;);
}

```

4.3.6 Ρουτίνα Loop

Αυτή η ρουτίνα είναι ουσιαστικά το κυρίως πρόγραμμα διότι χωρίς αυτή την ρουτίνα το πρόγραμμα δεν μπορεί να λειτουργήσει είναι ουσιαστικά μία ουδετερότητα που έχει το συγκεκριμένο περιβάλλον προγραμματισμού. Έτσι μέσα σε αυτήν την ρουτίνα έχουμε δηλώσει το διακόπτη εκκίνησης και σε ποια ρουτίνα θα μεταβεί για να ξεκινήσει η εκτέλεση. Με το πάτημα του διακόπτη εκκίνησης (Set) μπαίνει στην ρουτίνα άξονας και μεταφέρει εκεί ουσιαστικά τις ιδιότητες του κυρίου προγράμματος καθώς εκτελείτε ο κώδικας που υπάρχει γραμμένος μέσα.

```

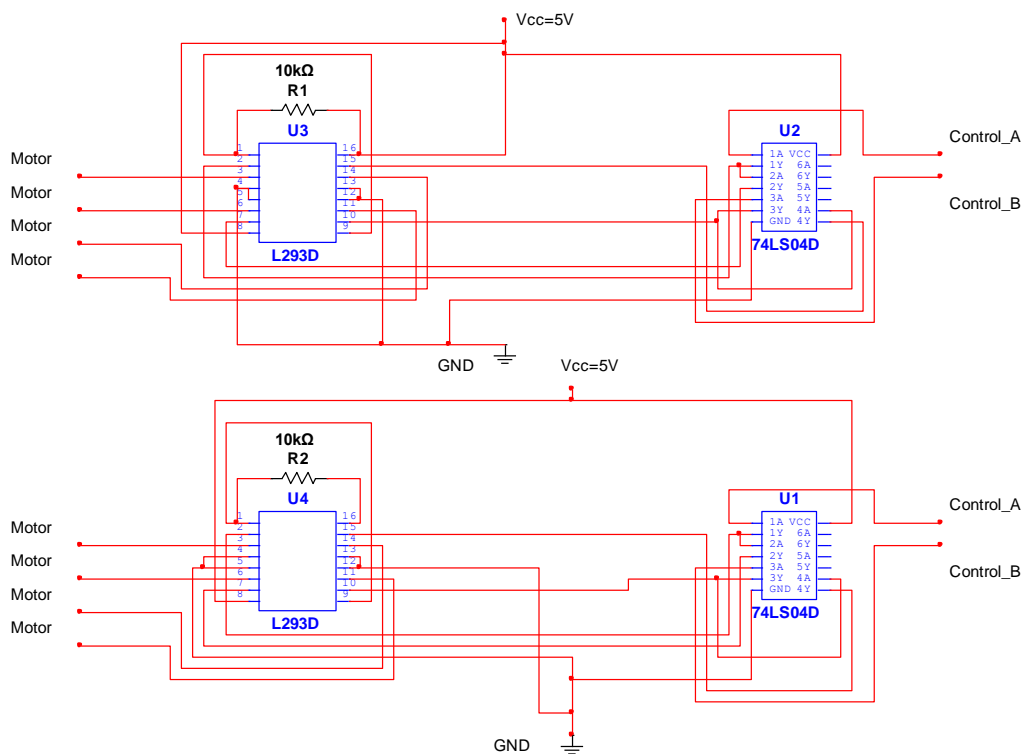
void loop()
{
  state_diakoptaki = digitalRead(diakoptaki);

  if(state_diakoptaki == LOW)
  {
    aksonas();
  }
}

```

4.4 Κύκλωμα οδήγησης :

Κύκλωμα οδήγησης βηματικών κινητήρων μόνο το Driver.

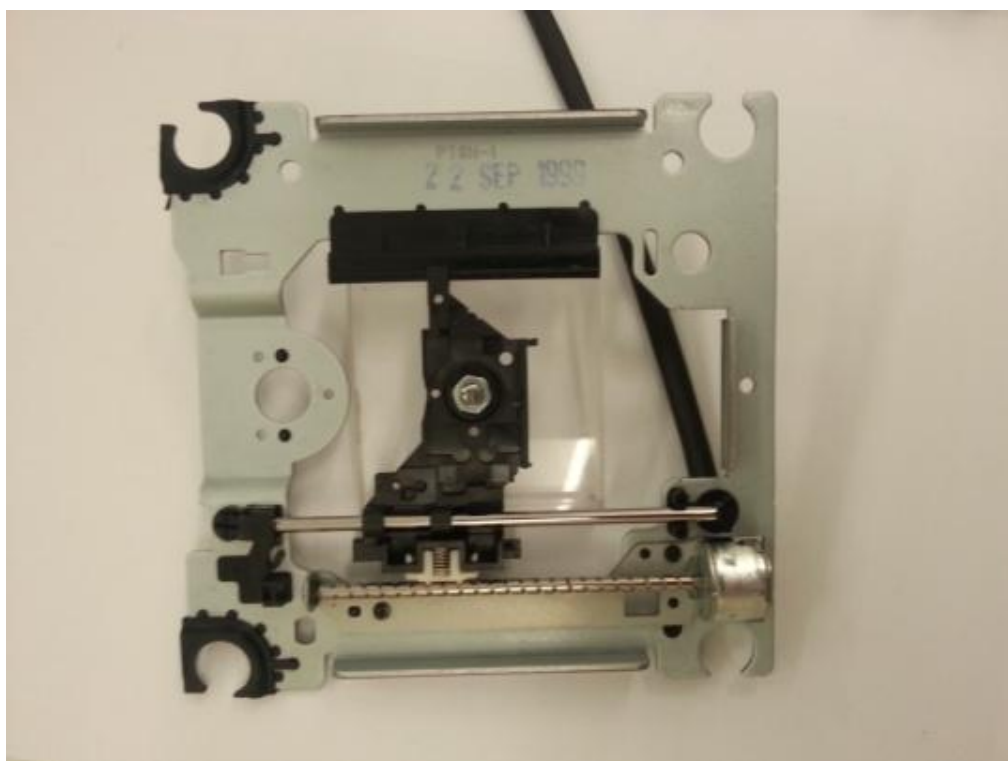


Σχήμα 4.2(σχεδιασμός κυκλώματος οδήγησης μόνο του driver).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΔΥΟ ΒΑΘΜΩΝ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ

5.1 Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν και αξιοποίησή τους

Για την εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας χρησιμοποιήθηκαν αρχικά τα ανακυκλωμένα step motor που μας διατέθηκαν από το Τει μαζί με τις βάσεις σταθεροποίησης τους .



Σχήμα 4.1(ανακυκλωμένα step motor)

Σε αυτή την εικόνα βλέπουμε την μεταλλική βάση που είναι εφαρμοσμένο το step motor καθώς επίσης παρατηρούμε ότι εξ αρχής στην μεταλλική βάση υπάρχει και ο οδηγός και το τραπέζι σχεδιασμού. Για την υλοποίηση της κατασκευής χρησιμοποιήθηκαν δύο ολόιδιες τέτοιες βάσεις όπως απεικονίζονται παραπάνω Σχήμα 4.1 , μια με προορισμό να κάνει τον άξονα Χ και μία τον άξονα Υ.

Στην πορεία προμηθευτήκαμε μια βέργα ή βίδα τύπου M10 την οποία την χωρίσαμε σε 4 ισομερή κομμάτια για να τις αξιοποιήσουμε ως στηρίγματα των μεταλλικών βάσεων.



Σχήμα 4.2

(ΒΕΡΓΑ Ή ΒΙΔΑ)

Επίσης προμηθευτήκαμε 16 παξιμάδια και 16 ροδέλες για να σταθεροποιήσουμε στις βίδες την μεταλλική βάση με τα step motor.



Σχήμα 4.3
(ΠΑΞΙΜΑΔΙΑ)



Σχήμα 4.4
(ΡΟΔΕΛΕΣ)

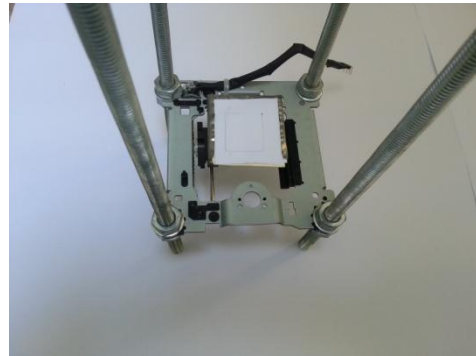
Σε αυτό το σημείο θα αρχίσουμε να αξιοποιούμε τα υλικά που έχουμε προμηθευτεί και επεξεργαστεί για την σύνθεση της τελικής κατασκευής .

Πρώτο στάδιο προσαρμογής εξαρτημάτων :

Αρχικά προσπαθούμε να προσαρμόσουμε τις βέργες που έχουμε προμηθευτεί ώστε να δημιουργήσουμε εκ πρώτης ματιάς τους άξονες X και Y αντίστοιχα.



Σχήμα 4.6



Σχήμα 4.7

(προσαρμογή των βεργών για την σταθεροποίηση των δύο βάσεων)

Το επόμενο βήμα ήταν να ντύσουμε τις βίδες περισσότερο από αισθητικής άποψης. Έτσι προμηθευτήκαμε ένα ξύλινο κοντάρι από σκούπα το τεμαχίσαμε σε 4 σημεία όσες και οι κλώνες της κατασκευής και τις τρυπήσαμε στην διάμετρο τις βίδας .



Σχήμα 4.8(ξύλινο κοντάρι)

Δεύτερο στάδιο προσαρμογής

Το επόμενο βήμα είναι να τρυπήσουμε το τραπέζι της μίας εκ των δύο μεταλλικών βάσεων που θα παριστάνει τον άξονα X για να προσθέσουμε ένα δεύτερο τραπέζι με λεία και μεγαλύτερη επιφάνεια διαμέτρου 5*5cm με υλικό κατασκευής το πλεξιγκλάς και το τραπέζι της άλλης που θα παριστάνει τον άξονα Y ώστε να προσαρμόσουμε το μηχανικό μολύβι .

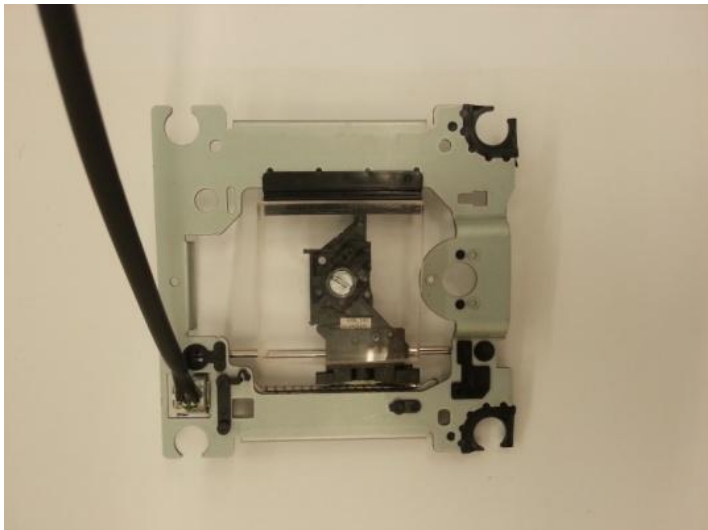


Σχήμα 4.9



Σχήμα 4.10

(Επένδυση ξύλου στις βέργες για αισθητική)



Σχήμα 4.11 (Βάση από Πλεξιγκλάς) ή (Poly(methyl methacrylate), PMMA)



Σχήμα 4.12(εφαρμογή μολυβιού στον οδηγό στο τραπέζι του βηματικού κινητήρα)

Στην διάρκεια των εργασιών λοιπών συναρμολογήσαμε τα κομμάτια τα οποία είχαμε συλλέξει καθώς επίσης προμηθευτήκαμε και 8 παξιμάδια με κουβούκλιο για την σωστότερη σταθεροποίηση της κατασκευής μας .



Σχήμα 4.13 (Παξιμάδια με κουβούκλιο)

Τρίτο στάδιο προσαρμογής

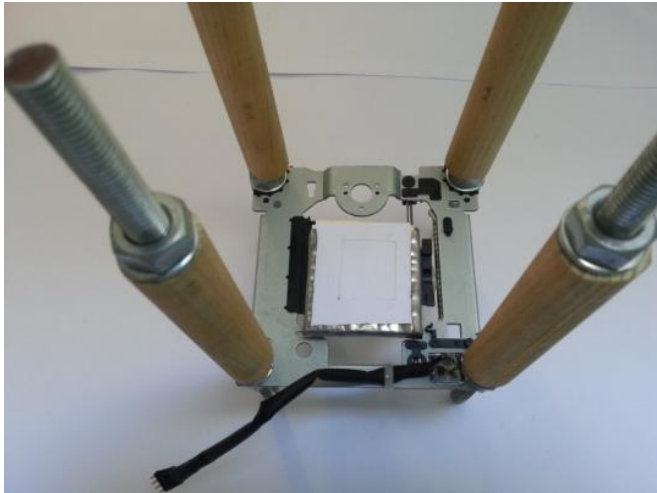
Το επόμενο βήμα είναι να ευθυγραμμίσουμε τους άξονες X και Y αντίστοιχα ώστε να έχουν όσο το δυνατό καλύτερη αρμονία).



Σχήμα 4.14(ευθυγράμμιση αξόνων)

Τέταρτο βήμα προσαρμογής :

Το επόμενο βήμα μας ήταν να δημιουργήσουμε έναν μεταλλικό οδηγό πάνω στο τραπέζι πλέξιγκας έτσι ώστε να μπορεί να φωλιάσει το χαρτί το για το οποίο το κατασκευάσαμε και να μπορεί να το κρατήσει σταθερό στην διάρκεια λειτουργίας των κινητήρων.



Σχήμα 4.15(μεταλλικός οδηγός τραπεζίου)

Στην πορεία των εργασιών μας πάλι από άποψη αισθητικής και μόνο θελήσαμε να ντύσουμε τα κομμάτια στα οποία έμεναν εκτεθειμένες οι μεταλλικές βίδες. Για τον λόγο αυτό κατασκευάσαμε δύο ξύλινες βάσεις, μια για το πάνω και μια για το κάτω μέρος της κατασκευής.



Πάνω μέρος κατασκευής (Σχήμα 4.16)



Κάτω μέρος κατασκευής (Σχήμα 4.17)

Με τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω στα **υλικά υλοποίησης κατασκευής** μετά από την επεξεργασία του κάθε κομματιού ξεχωριστά και μετά από την συναρμολόγηση όλων αυτών των υλικών καταφέραμε να πραγματοποιήσουμε την κατασκευή της πτυχιακής μας εργασίας και να καταλήξουμε στο παρακάτω:

Πέμπτο και τελευταίο στάδιο προσαρμογής

Σε αυτό το σημείο έχουμε ολοκλήρωση την κατασκευή μας ολοκληρωτικά.



(Σχήμα 4.18)



(Σχήμα 4.19)

(τελικό στάδιο κατασκευής)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 CONNECTORS & FFC CABLE JUMPER

6.1 CONNECTORS (RECEPTACLE)

Θέλοντας να αναφερθούμε στους CONNECTORS RECEPTACLE μπορούμε να πούμε πως είναι αρκετά εύχρηστα και λειτουργικά εξαρτήματα για οποιαδήποτε συνδεσμολογία ακόμα και αν αυτή αφορά κάποια συνδεσμολογία μικρό εφαρμογών ή κάποιου είδους ηλεκτρονικής ή ψηφιακής εφαρμογής. Ο CONNECTOR από την στιγμή που θα εφαρμοστεί σε κάποια είδους πλακέτα ή πάνω σε οποιοδήποτε άλλο σχετικό σημείο εφαρμογής κάποιας δραστηριότητας είναι αδιαμφισβήτητα πιο βολική και πιο σίγουρη λύση κατόπιν δοκιμής για την ικανοποίηση κάποιων αναγκών σε κάποια εφαρμογή. Συνοψίζοντας λοιπόν με τους CONNECTORS μπορείς να κάνεις εξοικονόμηση χώρου είναι πιο εύκολο στη χρήση του καθώς επίσης πιο ευπαρουσίαστο και πιο αποτελεσματικό.

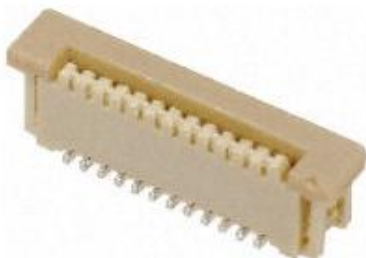
Διάφοροι τύποι CONNECTOR RECEPTACLE :



Σχήμα 6.1 (FFC/FPC_ZIF)



Σχήμα 6.2 (FFC/FPC_Right Angel)



Σχήμα 6.3 (FFC/FPC_Straight)



Σχήμα 6.4 (FPC_SMT_ZIF)

Παρακάτω θα δούμε τους τύπους που θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε για την δικιά μας εφαρμογή και υλοποίησης της πτυχιακής εργασίας μας.

4PIN CONNECTOR RECEPTACLE

Receptacle 1.0mm FFC/FPC SMT,r/a,ZIF,4w



Σχήμα 6.5

Προδιαγραφές :

<input checked="" type="checkbox"/>	Body Orientation	Right Angle
<input checked="" type="checkbox"/>	CAD Drawing	3D CAD Model
<input checked="" type="checkbox"/>	Contact Material	Phosphor Bronze
<input checked="" type="checkbox"/>	Contact Plating	Gold over Nickel
<input checked="" type="checkbox"/>	Current Rating	1A
<input checked="" type="checkbox"/>	Gender	Female
<input checked="" type="checkbox"/>	Housing Material	Nylon
<input checked="" type="checkbox"/>	Maximum Operating Temperature	+85°C
<input checked="" type="checkbox"/>	Minimum Operating Temperature	-20°C
<input checked="" type="checkbox"/>	Number of Contacts	4
<input checked="" type="checkbox"/>	Number of Rows	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Pitch	1mm
<input checked="" type="checkbox"/>	Series	FFC/FPC SMT
<input checked="" type="checkbox"/>	Series Number	52207
<input checked="" type="checkbox"/>	Termination Method	Solder
<input checked="" type="checkbox"/>	Voltage Rating	125 V

Κόστος ανά κομμάτι παραγγελίας είναι στα **0,817ευρό**.

Η ελάχιστη παραγγελία είναι στα 10 κομμάτια.

Receptacle 1.0mm, FFC/FPC, ZIF, r/a, 4w



Σχήμα 6.6

Προδιαγραφές :

<input checked="" type="checkbox"/>	Gender	Female
<input checked="" type="checkbox"/>	Number Of Contacts	4
<input checked="" type="checkbox"/>	Housing Material	Nylon
<input checked="" type="checkbox"/>	Pitch	2mm
<input checked="" type="checkbox"/>	Contact Material	Phosphor Bronze
<input checked="" type="checkbox"/>	Contact Plating	Tin Bismuth Over Nickel
<input checked="" type="checkbox"/>	Current Rating	0.5A
<input checked="" type="checkbox"/>	Voltage Rating	50 V
<input checked="" type="checkbox"/>	Termination Method	Solder
<input checked="" type="checkbox"/>	Number Of Rows	1
<input checked="" type="checkbox"/>	Body Orientation	Right Angle
<input checked="" type="checkbox"/>	Maximum Operating Temperature	+80°C
<input checked="" type="checkbox"/>	Minimum Operating Temperature	-20°C
<input checked="" type="checkbox"/>	Series	FFC/FPC THROUGH HOLE
<input checked="" type="checkbox"/>	Series Number	52043

Κόστος ανά κομμάτι παραγγελίας είναι στα **1,225**ευρό.

Η ελάχιστη παραγγελία είναι στα 10 κομμάτια.

Παρατήρηση :

Με βάση τους δύο παραπάνω 4 PIN CONNECTOR μπορούμε να παρατηρήσουμε πρώτον και κύριων την διαφορά στην τιμή, επίσης από τις προδιαγραφές μπορούμε να δούμε τα σημεία λειτουργίας τα χαρακτηριστικά και τις διαφορές που υπάρχουν ανάμεσα τους. Από τους δύο αυτούς CONNECTOR θα επιλέγαμε τον πρώτο που είναι κοντά στα ζητούμενα που θέλουμε και μπορεί να μας κάνει την δουλεία. Η επιλογή έγινε με βάση το ρεύμα και τις αποστάσεις των 4PIN που έχουνε.

Λόγος επιλογής του συγκεκριμένου connector (4 pin) :

Για το λόγο τον οποίο θα επιλέγαμε αυτού του είδους CONNECTOR είναι ότι μας εξυπηρετεί απολύτως για την χρήση που θα τον χρησιμοποιούσαμε. Ο βηματικός κινητήρας που έχουμε είναι με τέσσερα άκρα, οπότε θα μπορούσαμε να πάρουμε ένα καλώδιο τύπου CABLE JUMPER (καλώδιο αναπήδησης) το οποίο θα αναλύσουμε παρακάτω, να τα κολλήσουμε με ένα κολλητήρι στα τέσσερα άκρα του κινητήρα μας και από την άλλη να πάει και να συνδεθεί με τον 4 PIN CONNECTOR που υπάρχει παραπάνω στο Σχήμα 6.1 .

6.2 CABLE JUMPER

Αναφέρεται σε οποιαδήποτε ποικιλία ηλεκτρικών καλωδίων που είναι τόσο επίπεδη και εύκαμπτη. Ο όρος FFC αναφέρεται συνήθως στην εξαιρετικά λεπτή επίπεδη μορφή, όπου βρίσκονται συχνά σε υψηλής πυκνότητας ηλεκτρονικών εφαρμογών (π.χ. φορητούς υπολογιστές, κινητά τηλέφωνα κ.τ.λ.). Τα καλώδια FFC είναι συνήθως ευθείες συνδέσεις χωρίς εξαρτήματα. Το καλώδιο αποτελείται συνήθως από μια επίπεδη και εύκαμπτη πλαστική μεμβράνη βάσης, με πολλαπλούς αγωγούς συνδεδεμένοι με μία επιφάνεια. Συχνά, κάθε άκρο του καλωδίου είναι ενισχυμένο με ένα ενισχυτικό έλασμα για να κάνει ευκολότερη την εισαγωγή ή για την παροχή ανακούφισης καταπόνησης. Το ενισχυτικό έλασμα καθιστά το άκρο του καλωδίου ελαφρώς παχύτερο.

Αυτή είναι μια νέα μορφή του καλωδίου οι οποία αποτελείτε από μονωτικά υλικά, χαλκό και άλλα τα οποία αυτά υλικά παντρεύονται μέσω συσκευών αυτοματισμού υψηλής τεχνολογίας. Αυτού του είδους καλώδιο είναι εύκολο να συνδεθεί και να συναρμολογηθεί και αποσυναρμολογηθεί επίσης είναι αρκετά εύελικτο, ευλύγιστο και αναδιπλούμενο, λεπτό και μικρό. Εκτός από αυτά το καλώδιο FFC είναι σε θέση να λύση ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές. Αυτά για όσο αναφορά το καλώδιο FFC. Επίσης οι γκάμα που υπάρχει για τέτοιου είδους καλώδια είναι αρκετά μεγάλη κάποια από τα είδη είναι τα παραπάνω στα Σχήματα 6.3 και 6.4 επίσης μπορείς να βρεις και με περισσότερα PIN όπως με (2Pin, 3Pin,6Pin, 8Pin κ.τ.λ.).

Διάφοροι τύποι CABLE JUMPER :



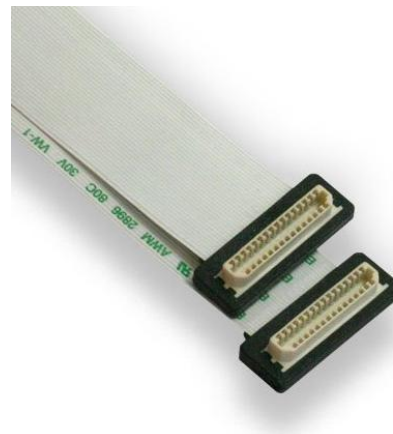
Σχήμα 6.7 (Premo_Flex_FFC)



Σχήμα 6.8 (Molex)



Σχήμα 6.9 (FFC_Flat_Cable)



Σχήμα 6.10 (ES&S_Solution)

4PIN CABLE JUMPER

4 way FFC cable jumper, 1.2A 60V 1mm



Σχήμα 6.11

Προδιαγραφές :

<input checked="" type="checkbox"/>	Cable Shape	Ribbon
<input checked="" type="checkbox"/>	Halogen Free	No
<input checked="" type="checkbox"/>	Hi-Flex	Yes
<input checked="" type="checkbox"/>	High Density	Yes
<input checked="" type="checkbox"/>	Maximum Operating Temperature	+105°C
<input checked="" type="checkbox"/>	Minimum Operating Temperature	-40°C
<input checked="" type="checkbox"/>	Number of Ways	4
<input checked="" type="checkbox"/>	Pitch	1mm
<input checked="" type="checkbox"/>	Screened/Unscreened	Unscreened
<input checked="" type="checkbox"/>	Voltage Rating	60 V ac

Κόστος ανά κομμάτι παραγγελίας είναι στα **1,935**ευρό.

Η ελάχιστη παραγγελία είναι στα 5 κομμάτια.

4 way FFC cable, 1A 90V 152mm L 1.25mm



Σχήμα 6.12

Προδιαγραφές :

<input checked="" type="checkbox"/>	Number Of Ways	4
<input checked="" type="checkbox"/>	Pitch	1.25mm
<input checked="" type="checkbox"/>	Voltage Rating	60 V ac
<input checked="" type="checkbox"/>	Minimum Operating Temperature	-40°C
<input checked="" type="checkbox"/>	Maximum Operating Temperature	+105°C
<input checked="" type="checkbox"/>	Hi-Flex	Yes
<input checked="" type="checkbox"/>	Cable Shape	Ribbon
<input checked="" type="checkbox"/>	Halogen Free	No
<input checked="" type="checkbox"/>	High Density	Yes
<input checked="" type="checkbox"/>	Screened/Unscreened	Unscreened

Κόστος ανά κομμάτι παραγγελίας είναι στα **1,988**ευρό.

Η ελάχιστη παραγγελία είναι στα 5 κομμάτια.

Λόγος επιλογής του συγκεκριμένου CABLE JUMPER (4 pin) :

Με βάση τους δύο τύπους καλωδίων που βλέπουμε παραπάνω θα επιλέγαμε τον πρώτος διότι πληροί τις προϋποθέσεις που χρειάζεται ο CONNECTOR που επιλέξαμε στην παραπάνω ενότητα. Με αυτόν το τρόπο λοιπόν τα βασικότερα χαρακτηριστικά του CONNECTOR είναι (number of contacts, pitch και ρεύμα) και για αυτόν το λόγο επιλέξαμε και το καλώδιο FFC για να μπορεί να κάνει καλή και σωστή προσαρμογή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΕΙΔΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλύσουμε το πρόβλημα και την επίλυση της λειτουργίας του σταματήματος του βηματικού κινητήρα που έχουμε να αντιμετωπίσουμε στην πτυχιακή μας εργασία. Ο λόγος ; Μετά από όλοι την εκτέλεση και το στήσιμο της μηχανικής οδήγησης του βηματικού κινητήρα στο παραπάνω κεφάλαιο που αναλύσαμε κάνουμε τις εξής κινήσεις, δεξιά, αριστερά και το σταμάτημα.

Μετά από την λειτουργία και τα πειράματα που πραγματοποιήσαμε με βάση τους κινητήρες παρατηρήσαμε ότι η δεξιά και την αριστερή κίνηση ήταν όπως θα έπρεπε ενώ στο σταμάτημα είδαμε πως είχε ένα προβληματάκι. Το πρόβλημα που είχαμε να αντιμετωπίσουμε ήταν ότι ο κινητήρας δεν σταματούσε τελείως αλλά είχε μια μικρή και μόνιμη τάση στα πηνία τους. Για να μπορέσουμε να το σταματήσουμε λοιπόν κάναμε πολλές και διαφορετικές συνδεσμολογίες και κάθε φορά υπήρχε το ίδιο θέμα ή είχαμε κάποιο άλλο πρόβλημα στις άλλες κινήσεις. Μετά από συνεννόηση πολύ κουβέντα και πολλές ιδέες που αναφέρθηκαν μαζί με τον καθηγητή μας καταλήξαμε σε μία συνδεσμολογία η οποία μας απέφερε την λύση του προβλήματος. Παρακάτω θα δούμε τα στάδια συνδεσμολογίας αυτών των κυκλωμάτων.

Επίλυση :

Με τον επιλογέα που έχουμε στην μηχανική οδήγηση πρέπει να ακολουθήσουμε τα εξής βήματα και της παρακάτω συνδέσεις στα ανάλογα άκρα του :

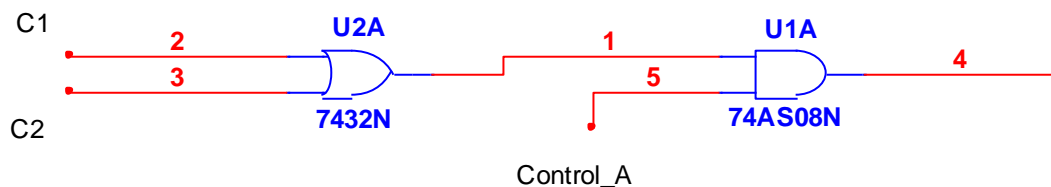
7.1 Πρώτο βήμα :

Στο πρώτο βήμα αυτό που πρέπει να κάνουμε είναι να συνδέσουμε το μεσαίο ποδαράκι του επιλογέα στα +5V, δηλαδή να του δίνουμε λογικό "1".

7.2 Δεύτερο βήμα :

Στο δεύτερο βήμα αυτό που έχουμε να κάνουμε είναι, αν έστω ένα από τα άλλα δυο άκρα του επιλογέα (π.χ. C1 και C2) είναι στο λογικό "1", η A έξοδος να δίνει εντολή προς τον κινητήρα. Αυτό μπορούμε να το καταφέρουμε με τον εξής παρακάτω τρόπο. Για την μία έξοδο θέλουμε μία πύλη OR : C1+C2, με την έξοδό της να συνδέετε στην είσοδο μιας πύλης AND , μαζί με το CONTROL_A και στην έξοδο της AND θα παίρνουμε, $A_{out} = (C1+C2)*CONTROL_A$.

Στο παρακάτω Σχήμα 7.1 μπορείτε να δείτε και την συνδεσμολογία με την οποία μπορούμε να εκτελέσουμε όλα αυτά που αναφέραμε παραπάνω θεωρητικά.



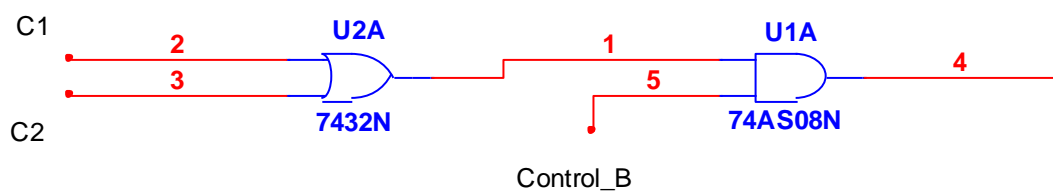
Σχήμα 7.1

(Για να έχουμε Aout πρέπει να κάνουμε (C1 OR C2) AND CONTROL_A)

7.3 Τρίτο βήμα :

Στο τρίτο βήμα θέλουμε ακριβώς την ίδια συνδεσμολογία αλλά αντί για το CONTROL_A που χρησιμοποιήσαμε στο δεύτερο βήμα εδώ θα χρησιμοποιήσουμε το CONTROL_B. Για την μία έξοδο θέλουμε μία πύλη OR : C1+C2, με την έξοδό της να συνδέετε στην είσοδο μιας πύλης AND , μαζί με το CONTROL_B και στην έξοδο της AND θα παίρνουμε, Bout = (C1+C2)*CONTROL_B.

Στο παρακάτω Σχήμα 7.2 μπορείτε να δείτε και την συνδεσμολογία με την οποία μπορούμε να εκτελέσουμε όλα αυτά που αναφέραμε παραπάνω θεωρητικά.



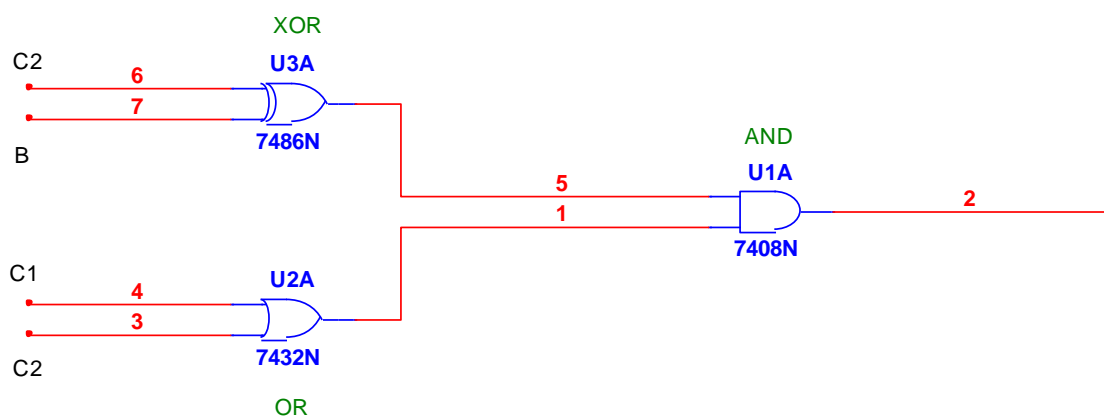
Σχήμα 7.2

(Για να έχουμε Bout πρέπει να κάνουμε (C1 OR C2) AND CONTROL_B)

Αυτά που αναφέραμε στο τρίτο βήμα δεν είναι αρκετά ώστε να καταφέρουμε την αντίστροφη φορά του βηματικού κινητήρα μας, για τον λόγο αυτό προσθέσαμε και ένα νέο κομμάτι για να το επιτύχουμε. Παρακάτω θα γίνει η επεξήγηση η υλοποίηση και η συνδεσμολογία του.

7.4 Επεξήγηση : Θέλουμε την αντιστροφή όταν το άκρο $C2=1$, αντί να δώσουμε απευθείας το $CONTROL_B$ στην είσοδο της πύλης AND. Παίρνουμε και περνάμε πρώτα το $CONTROL_B$ από μία πύλη XOR ώστε να δίνουμε $CONTROL_B$ όταν $C2=0$ και $CONTROL_B\text{-bar}$ όταν $C2=1$. Οπότε η XOR θα έχει ως εισόδους το $CONTROL_B$ και το $C2$ και η έξοδος της θα συνδέεται στην είσοδο της πύλης AND η άλλη είσοδος της AND θα έρχεται από την άλλη έξοδο της AND (δηλαδή, $Bout = (C1+C2)*CONTROL_B$).

Εδώ θα δούμε το ολοκληρωμένο κύκλωμα από το τρίτο βήμα με την σωστή συνδεσμολογία και την σωστή λειτουργία του.



Σχήμα 7.3

(Για να έχουμε το αντίστροφο Bout πρέπει να κάνουμε (C1 OR C2) και (C2 XOR CONTROL_B) και AND αυτά τα δύο)

Παρατήρηση :

Με όλα τα παραπάνω βήματα που αναφέραμε και εξηγήσαμε σε θεωρητικό επίπεδο και σε επίπεδο συνδεσμολογίας μπορέσαμε να καταλήξουμε στο επιθυμητό αποτέλεσμα για την σωστή λειτουργία των τριών διαφορετικών λειτουργιών του κινητήρα μέσω του επιλογέα μας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

8.1 Κόστος

Σε αυτό το σημείο θέλουμε να αναφέρουμε λεπτομερώς την τιμολόγηση των υλικών που χρησιμοποιήσαμε διότι πραγματικά ήταν πολύ πιο χαμηλό από αυτό που είχαμε περίπου στο νου μας όταν πρωτοξεκινήσαμε όλη αυτή την προσπάθεια .

ΚΟΣΤΟΣ :

	ΥΛΙΚΑ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΠΡΟΜΗΘΕΥΤΗ	ΤΙΜΗ
1	MSP- EXP430G2	1	MAR ELECTRONICS	7€
2	DRIVER	4	MAR ELECTRONICS	6€
3	FLIP-FLOP	2	MAR ELECTRONICS	2€
4	NOT	4	MAR ELECTRONICS	1.60€
5	NE555N	2	MAR ELECTRONICS	1€
6	ΒΕΡΓΑ	1	ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΙΔΗ	1€
7	ΠΑΞΙΜΑΔΙΑ	24	ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΙΔΗ	2€
8	ΡΟΔΕΛΕΣ	24	ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΙΔΗ	1€
9	ΣΚΟΥΠΟΞΥΛΟ	1	SUPER MARKET	0.80€
10	ΜΟΛΥΒΙ	1	SUPER MARKET	3.40€
11	ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ	2	ΕΥΓΕΝΗ ΧΟΡΗΓΙΑ ΑΤΕΙ	3€
12	ΥΠΟΛΟΙΠΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ		ΕΥΓΕΝΗ ΧΟΡΗΓΙΑ ΑΤΕΙ	1.20€
ΤΕΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ				30€

8.2 Συμπεράσματα και προοπτικές

Σε αυτό το σημείο έχοντας πλέον μία γενική εικόνα για το αντικείμενο με το οποίο κληθήκαμε να ασχοληθούμε μπορούμε να πούμε ότι αποκομίσαμε πολλές εμπειρίες και γνώσεις πάνω στους βηματικούς κινητήρες κάνοντας έλεγχο ταχύτητας και θέσης, όπως επίσης στην σχεδίαση ψηφιακών κυκλωμάτων ώστε να μπορέσουμε να τους δώσουμε κίνηση, καθώς επίσης και στον τρόπο με τον οποίο ήμασταν υποχρεωμένοι να κινηθούμε για την υλοποίηση του κατασκευαστικού μέρους αυτής της εργασίας με τέτοιο τρόπο ώστε να αποκλείσουμε όσο περισσότερα προβλήματα μπορούσαμε στην τελική του λειτουργία. Έτσι μετά από όλες αυτές τις αναζητήσεις θέλουμε να πούμε ότι το αντικείμενο με το οποίο επιλέξαμε να ασχοληθούμε ήταν πολύ επιμορφωτικό διότι μας έμαθε πολλά χρήσιμα πράγματα, πολλούς διαφορετικούς τρόπους και προπαντός μας έδωσε μία ολοκληρωμένη και γενική εικόνα των πραγμάτων πάνω στο αντικείμενο αυτό. Εκτός όμως από όλα αυτά σε πολλά σημεία αυτής της εργασίας μας έκανε να επικαλεστούμε την φαντασία μας κυρίως στο κατασκευαστικό κομμάτι αλλά και στο προγραμματιστικό λόγο περιορισμένων κινήσεων από την έλλειψη του άξονα Z.

Το κύριο πλεονέκτημα αυτής της πτυχιακής είναι ότι είναι βασισμένη σε ανακυκλώσιμα υλικά καθώς και τα υπόλοιπα είναι πολύ γνώριμα για τον καθένα, επίσης μπορούμε να πούμε ότι είναι μία απόλυτα ιδιόχειρη κατασκευή βασισμένη στην φαντασία μας και προσαρμοσμένη με βάση τα εργαλεία και τις δυνατότητες τις οποίες διαθέταμε, καθώς επίσης είναι και μία πολύ χαμηλού κόστους κατασκευή πολύ προσιτή σε όποιον θέλει πραγματικά να ασχοληθεί με κάτι τέτοιο.

Στην ενότητα 8.3 αναφέρουμε λεπτομερώς τυχόν προβλήματα και λειτουργίες που αντιμετωπίσαμε κατά την διάρκεια εκτέλεσής της. Η πτυχιακή αυτή αν και έχει λίγο περιορισμό δυνατοτήτων θα μπορούσε να συστηθεί ανεπιφύλακτα σε κάποιον συνάδελφο για ενδεχόμενη επέκταση όπου θα καλούταν να διορθώσει το μεγάλο πρόβλημα που αντιμετωπίσαμε εμείς, προσθέτοντας ένα ακόμα άξονα τον άξονα Z και αλλάζοντας το μολύβι και βάζοντας κάτι με πιο μαλακή επιφάνεια, θα αποκτούσε με αυτό ελευθερία κινήσεων και καλύτερη αποτύπωση στον χώρο σχεδίασης όπως επίσης θα μείωνε κατά πολύ την πιθανότητα να χανόταν κάποιο βήμα σε κάποια δύσκολη κίνηση.

8.3 Παρατηρήσεις :

Με βάση την ολοκλήρωση της πτυχιακής μας εργασίας αρχικά έχουμε να αναφέρουμε ότι το κύριο πρόβλημα που αντιμετωπίσαμε στην διάρκεια της εκτέλεσης των απαιτούμενων αναγκών όπου μας είχαν ζητηθεί ήταν ότι λόγω έλλειψης του άξονα Z ,πράγμα που θα έκανε το σύστημά μας τριών βαθμών ελευθερίας δεν μας δινόταν η δυνατότητα να σηκώσουμε η να κατεβάσουμε το μολύβι σχεδιασμού όποτε και αν εμείς επιθυμούσαμε. Αυτό είχε ως συνέπεια να έχουμε κάποιον περιορισμό στην σχεδίαση. Επίσης αναγκαστήκαμε να χρησιμοποιήσουμε μηχανικό μολύβι για την υλοποίηση τις κατασκευής διότι ήταν το μόνο εξάρτημα που θα μπορούσαμε να φέρουμε σε επαφή με το τραπέζι σχεδιασμού από την στιγμή που όπως προαναφέραμε δεν είχαμε άξονα Z για να μπορούμε να ανεβοκατεβάζουμε το αντικείμενο σχεδιασμού. Με βάσει αυτό το πρόβλημα λοιπόν δεν είχαμε την ευχέρεια να επιλέξουμε κάποιο αντικείμενο σχεδιασμού με πιο λεία και μαλακή επιφάνεια ώστε και να αποτυπώνει καλύτερα στο τραπέζι σχεδιασμού άλλα και να μην ζορίζει τους βηματικούς κινητήρες ώστε να μην χάνουν βήματα (step) την ώρα της εκτέλεσής της λειτουργίας το οποίο έχουμε αναθέσει να κάνει . Δυστυχώς επιλέγοντας μηχανικό μολύβι για την υλοποίηση του κατασκευαστικού κομματιού είχαμε και περιορισμό σχημάτων άρα και κινήσεων και μεγάλη αχνότητα στην αποτύπωση του σχήματος που είχαμε προγραμματίσει καθώς επίσης και χάσιμο μερικών βημάτων την ώρα της εκτέλεση κάποιων δύσκολων κινήσεων, παρόλο που προγραμματιστικά και εκ πρώτης άποψης φαίνονται να μην έχουν πρόβλημα εφαρμογής .

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ :

- Διαδίκτυο.
- Ψηφιακά κυκλώματα 5^η έκδοση του Leach & Malvino.
- Σημειώσεις και ασκήσεις εργαστηρίου ηλεκτρονικά 2 του Κωνσταντίνου Πάπαρη.
- Σημειώσεις και ασκήσεις εργαστηρίου ηλεκτρικών μηχανών του Κωνσταντίνου Γιάνκογλου, Γεώργιου και Νικόλαου Τάταρη και του Παναγιώτη Παλάντζα.
- Διάφορες πτυχιακές εργασίες σχετικές με το αντικείμενο που επεξεργαστήκαμε.
- Βιβλίο ηλεκτρικών μηχανών του J.Chapman
- Texas Instruments :
<http://www.element14.com/community/docs/DOC-37906/1/texas-instruments-msp430-based-msp-exp430g2-launchpad-value-line-development-kit>
- Εταιρία RS : CONNECTORS & CABLE JUMPER
CONNECTORS
<http://za.rs-online.com/web/p/fpc-connectors/7883401/>
- CABLE JUMPER
<http://gr.rsdelivers.com/product/molex-electronics/98267-0233/8-way-ffc-cable-jumper-12a-60vac-1mm/4589175.aspx>
- MSP430
<https://estore.ti.com/MSP-EXP430G2-MSP430-LaunchPad-Value-Line-Development-kit-P2031.aspx>
- ENERGIA PROGRAM
<http://energia.nu/>

