



Α.Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης
Τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών

ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΕ

**ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΗΛΕΚΤΡΟΠΝΕΥΜΑΤΙΚΟΥ
ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΥ ΒΡΑΧΙΟΝΑ
4ΩΝ ΒΑΘΜΙΔΩΝ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ**

“Electropneumatic Robotic Arm With 4 Degrees Of Freedom”

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΩΝ**

**ΒΕΝΤΟΥΡΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ 507014
ΚΑΡΑΝΑΤΣΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ 507309**

ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ : 131336M

Επιβλέπων Καθηγητής: ΧΡΗΣΤΟΣ Κ. ΜΑΝΑΒΗΣ

Ημερομηνία ανάληψης: 18 / 04 / 2013

Ημερομηνία περάτωσης: 05 / 09 / 2014

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, Σεπτέμβριος 2014

Αφιερώνουμε την εργασία αυτή στις οικογένειες μας για την ηθική και υλική υποστήριξη που μας παρείχαν όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μας. Επίσης σε όλους τους φίλους μας, οι οποίοι στάθηκαν στο πλευρό μας σε κάθε δύσκολη στιγμή που ήταν καθοριστική για την περάτωση των σπουδών μας και την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας.

Στα αδέρφια μου,
Κωνσταντίνο και Χριστίνα.

Στα αδέρφια μου,
Παναγιώτη και Νίκη

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα καθηγητή κ. **Χρήστο Κ.Μανάβη** για την βοήθεια και την καθοδήγηση του με συνέπεια το μέγιστο θετικό αποτέλεσμα και τη μέγιστη απόκτηση γνώσεων πάνω σε ένα τομέα του οποίου, τόσο το παρόν όσο και το μέλλον κρίνεται θαυμάσιο.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	7
ABSTRACT	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
1.1 Ιστορική Αναδρομή.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΡΟΜΠΟΤ ΚΑΙ ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ.....	13
2.1 Έννοιες	13
2.2 Εφαρμογές Ρομποτικών Συστημάτων	14
2.2.1 Κατηγορίες Ρομπότ	14
2.3 Σύστημα Ελέγχου	17
2.4 Τύπος Βραχίονα.....	17
2.4.1 Βαθμοί Ελευθερίας.....	19
2.4.2 Εργαλεία στην άκρη του βραχίονα.....	20
2.4.3 Περιβάλλον Εργασίας	20
2.5 Ανάλυση Μοντέλου Ρομποτικού Βραχίονα.....	20
2.5.1 Μηχανικό Διάγραμμα Σώματος βραχίονα	20
2.5.2 Βαθμοί Ελευθερίας.....	22
2.5.3 Περιβάλλον εργασίας	23
2.6 Κατασκευή	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΙΝΗΣΗΣ.....	28
3.1 Φυσικές Αρχές.....	28
3.2 Πνευματικά Στοιχεία	32
3.2.1 Αεροσυμπιεστές	32
3.2.2 Κατεργασία αέρα.....	33
3.3 Πνευματικά Στοιχεία Εκτέλεσης Κινήσεων.....	34

3.3.1 Κύλινδροι	34
3.3.2 Επιλογή Των Πνευματικών Κυλίνδρων	36
3.3.3 Κατανάλωση Αέρα	39
3.3.4 Ταχύτητα Κυλίνδρου	41
3.4 Περιστροφικοί Ενεργοποιητές	42
3.5 Πνευματικός Ενεργοποιητής Gripper.....	43
3.5.1 Γωνιακός Gripper	44
3.5.2 Παράλληλος Gripper	45
3.5.3 Επιλογή Πνευματικού Gripper	45
3.6 Πλεονεκτήματα Πνευματικών.....	47
3.7 Μειονεκτήματα Πνευματικών	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΒΑΛΒΙΔΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ	49
4.1 Πορείες Ροής	49
4.2 Βαλβίδα Ελέγχου 5/3.....	50
4.3 Επιλογή Βαλβίδων Ελέγχου	52
4.3.1 Ενεργοποιητές	52
4.3.2 Χρόνος Απόκρισης	52
4.3.3 Συντελεστής Ροής C _v για Αέρα	54
4.3.4 Λειτουργικότητα Βαλβίδας Ελέγχου.....	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	57
5.1 Σχεδιάγραμμα Συστήματος	57
5.2 Διαρροές Αέρα	58
5.3 Διάταξη Πνευματικού Συστήματος	58
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΛΑΚΕΤΑ ARDUINO	61
6.1 Δυνατότητες	61
6.2 Γιατί Επιλέξαμε Arduino.....	62
6.3 AVR Αρχιτεκτονική- Μικροελεγκτής ATmega2560.....	63

6.4 Είσοδοι – Έξοδοι.....	64
6.4.1 Ψηφιακοί Είσοδοι/Έξοδοι	64
6.4.2 Αναλογικοί Είσοδοι.....	65
6.4.3 PMW.....	65
6.5 Τροφοδοσία	66
6.6 Arduino Επεκτάσεις - Shields	67
6.7 Περίληψη Πλακέτας.....	69
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	70
7.1 Σύστημα Ελέγχου	70
7.2 Κατασκευή Πρωτότυπου.....	71
7.2.1 Χειριστήριο	71
7.2.2 Οθόνη	72
7.2.3 Ηλεκτρονόμοι.....	73
7.2.4 Τροφοδοσία	75
7.3 Σχεδίαση Πλακετών PCB.....	76
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΕ ΓΛΩΣΣΑ ARDUINO.....	80
8.1 Περιβάλλον Ανάπτυξης.....	80
8.2 Δομή προγράμματος.....	81
8.3 Διάγραμμα Ροής Κώδικα.....	84
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α' ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	88
Βιβλία	88
Ιστοσελίδες.....	88
Προγράμματα	91
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β' ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ	92
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ' ΦΥΛΛΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	95
Πίνακας Υλικών	95

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πτυχιακή μας εργασία με τίτλο “Ηλεκτροπνευματικός Ρομποτικός Βραχίονας τεσσάρων Βαθμίδων Ελευθερίας”, υποβάλλεται στα πλαίσια της ολοκλήρωσης του προγράμματος σπουδών που πραγματοποιεί το τμήμα Ηλεκτρονικής, του Αλεξάνδρειου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος (Α.Τ.Ε.Ι.).

Σκοπός της εργασίας είναι να αναπτυχθεί μία μικρογραφία ενός βιομηχανικού ρομποτικού βραχίονα και να κατασκευαστεί με βάση την μελέτη των χαρακτηριστικών του.

Αρχικά γίνεται μια ιστορική αναφορά και έπειτα μια εκτενής αναφορά πάνω στη ρομποτική και τις βασικές έννοιες της. Έπειτα υπάρχει αναφορά, πιο ειδικά, στα δύο μέρη της εργασίας:

Πρώτα, στα πνευματικά συστήματα, στα οποία μελετούμε αναλυτικά την θεωρία όλων των στοιχείων που τα απαρτίζουν (κυλίνδρους, βαλβίδες, συμπιεστής αέρος κ.α.), αναφέροντας τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που προκύπτουν κατά την εφαρμογή τους στην κατασκευή και στην μέθοδο με την οποία επιλέχθηκαν τα υλικά και τον τρόπο με τον οποίο συναρμολογήθηκαν.

Στο δεύτερο μέρος, μελετούμε την πλακέτα “Arduino” (εισόδους, εξόδους, χαρακτηριστικά). Θα αναφέρουμε την συνδεσμολογία του κυκλώματος αναλυτικά και τον τρόπο με το οποίο χρησιμοποιήθηκε, εφαρμόστηκε και προγραμματίστηκε.

Το βασικό πειραματικό μέρος αποτελείται από την κατασκευή ενός πνευματικού συστήματος (ρομποτικού βραχίονα), πρώτης γενιάς, σταθερής βάσης με πρακτική εφαρμογή στη συλλογή-τοποθέτηση και απελευθέρωση αντικειμένων, και ενός ψηφιακού ελεγκτή, ο οποίος είναι προγραμματισμένος να καθοδηγεί τις κινήσεις του συστήματος μέσω του μικροεπεξεργαστή της πλακέτας “Arduino” ηλεκτρονικά.

ABSTRACT

Our thesis by the title “Electropneumatic robotic arm with four degrees of freedom”, is submitted towards the end of the curriculum of the department of the Alexander Technological Educational Institute of Thessaloniki (A.T.E.I.).

The aim of this project is to develop a miniature industrial robotic arm, which will be designed on the basis of the study of its characteristics.

In the beginning, there is reference on the historical background, and then, there is extended reference to robotics and its basic meanings. Then there is reference, more particularly, on the two parts of the project:

First, on the pneumatic systems, on which we study in detail the theory of all the elements that constitute them (cylinders, valves, compressor etc.) citing the advantages and disadvantages, that result during their implementation on construction and on the method by which the materials were selected and the way by which they were connected.

In the second part, we study the “Arduino” board (inputs, outputs, characteristics). We will cite the configuration of the electrical circuit in detail and the way with which it was used, implemented and programmed.

The basic experimental part consists of the construction of a first-generation robotic system (robotic arm), one of a stable base, with practical application to collection-placement and release of objects, and of a digital controller, which is programmed to lead the actions of the system electronically through the microprocessor of the “Arduino” board.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η επιστήμη της ρομποτικής είναι μία νέα επιστήμη, η πρόοδος της οποίας υπήρξε ιδιαίτερα ραγδαία κατά την τελευταία δεκαετία. Τα πρώτα σύγχρονα ρομπότ, που φτιάχτηκαν στη δεκαετία του 1950, δεν έχουν καμία σχέση με τα ρομπότ που χρησιμοποιούμε στις μέρες μας.

Τα πρώτα συστήματα αυτοματισμού της βιομηχανικής επανάστασης ήταν μηχανικά συστήματα. Χρησιμοποιούσαν δηλαδή δομικά στοιχεία από κατάλληλα στερεά εξαρτήματα (μοχλούς, τροχούς, ιμάντες, ελατήρια κλπ.). Η πρόοδος της ρομποτικής αναβάθμισε τον κλάδο του αυτοματισμού με τρόπο, ώστε να μην χρειάζεται σε πολλά στάδια ανθρώπινο δυναμικό. Ως αποτέλεσμα, τα μηχανικά συστήματα δεν μπορούν να συναγωνισθούν σε κόστος, ευελιξία και αξιοπιστία τα σημερινά σε χρήση συστήματα.

Όσον αφορά τη τελευταία δεκαετία, κάθε ρομποτικό σύστημα αποτέλεσε σημείο αναφοράς και πολύτιμη πηγή πληροφοριών, ώστε να κατασκευαστούν ακόμα πιο εξελιγμένα μοντέλα ικανά για πιο σύνθετες εργασίες και το μέλλον υπόσχεται πολλά ακόμα.

Κατασκευή

Ο σχεδιασμός ενός βιομηχανικού ρομποτικού βραχίονα γίνεται με βάση τα συστήματα βιομηχανικών αυτοματισμών, και συγκεκριμένα με τη χρήση πνευματικών, υδραυλικών, ηλεκτρονικών, ηλεκτρολογικών συστημάτων, ή και τον συνδυασμό τους. Στην εργασία αυτή θα ασχοληθούμε με τα πνευματικά στοιχεία και με τον έλεγχο τους ηλεκτρονικά.

Για να συνδυάσουμε το ηλεκτρονικό και το πνευματικό σύστημα είναι απαραίτητη η χρήση ηλεκτρονικού ελέγχου, με ένα συνδυασμό ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, ώστε να αποτελέσουν αυτά το ηλεκτρονικό σύστημα του ρομποτικού βραχίονα. Μια τέτοια λύση είναι η πλακέτα Arduino. Η πλακέτα αυτή είναι η μονάδα επεξεργασίας του ρομποτικού βραχίονα και αποτελεί τον ηλεκτρονικό της εγκέφαλο.

1.1 Ιστορική Αναδρομή

Αναζητώντας κανείς τις ρίζες των ρομποτικών συστημάτων, θα οδηγηθεί στην αρχαιότητα, όταν ο άνθρωπος φιλοδοξούσε να δημιουργήσει μηχανές. Η πρώτη αναφορά ιστορικά πρώτο-συναντάται στην ελληνική μυθολογία. Η πρωταρχική αναφορά πλησιέστερη στην έννοια της ρομποτικής είναι η αρχαία Ελληνική λέξη “αυτόματο”¹, και είναι λέξη Ομηρική.

Αρκετά ρομπότ λέγεται ότι είχαν κατασκευαστεί στην Ελλάδα και εκτελούσαν αυτόματα κάποιες δουλειές που πάντα γοήτευαν και προκαλούσαν θαυμασμό. Το πρώτο ρομπότ το συναντούμε στην ελληνική μυθολογία και συγκεκριμένα τον τεράστιο χάλκινο ανθρωπόμορφο “Τάλως”. Είναι πολύ πιθανό αυτός ο μύθος να αποτέλεσε την έμπνευση για πολλούς μηχανικούς της αρχαιότητας, οι οποίοι προσπάθησαν να κατασκευάσουν “έξυπνες” μηχανές.

Υπάρχουν πολλές μυθολογικές αναφορές σε μηχανικούς σκύλους, ομοιώματα ανθρώπων, μέχρι και σε αυτοματισμούς και κάποιες από αυτές είναι αποδεδειγμένα σχεδιασμένες ή κατασκευασμένες.



Εικόνα 1.1 Μηχανικός σκύλος Aibo της Sony [12]

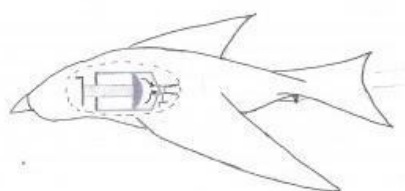


Εικόνα 1.2 Αυτόματη Θεραπαινίδα [11]

Από τις πρώτες “έξυπνες” μηχανές θεωρείται ένα ιπτάμενο αντικείμενο, η “Πετομηχανή” με ατμό (400 π.Χ.), που μπορούσε να διανύσει μέχρι και απόσταση 200 μέτρων. Μία ακόμα κατασκευή είναι η αυτόματη Θεραπαινίδα, η οποία έβαζε κρασί και νερό στα

¹ Αυτόματο: Μηχανή που μπορεί να κινηθεί από μόνη της.

ποτήρια των φιλοξενούμενων. Ο αρχαιότερος αυτοματισμός που σώζεται έως και σήμερα είναι ο μηχανισμός των Αντικυθήρων, ο οποίος μπορούσε να προβλέψει θέσεις πλανητών.(150-100 π.χ.).



Εικόνα 1.3 Πετομηχανή [9]



Εικόνα 1.4 Μηχανισμός των Αντικυθήρων[6]

Στο πέρασμα των αιώνων ενδιαφέρον έχουν κάποιοι περίτεχνοι αυτοματισμοί, όπως το αυτοκινούμενο τρίκυκλο που θεωρείται το πρώτο προγραμματισμένο ρομπότ [Ηρων ο Αλεξανδρεύς 10-70 μ.Χ.], το ανθρωποειδές ρομπότ προγραμματιζόμενος τυμπανιστής [Άραβας Al-Jazari 1136 - 1206 μ.Χ.], το ανθρωποειδές ρομπότ με πανοπλία, του οποίου σχέδιο σώζεται έως σήμερα [Leonardo Da Vinci 1452-1519 μ.Χ.], η ρομποτική πάπια [γάλλος Jacques de Vaucanson 1738 μ.Χ.], ρομποτικοί μηχανισμοί οι οποίοι σέρβιραν τσάι και ζωγράφιζαν ιδεογράμματα [Ιάπωνας Hisashige Tanaka 1796 μ.Χ.].



Εικόνα 1.5 Ανθρωποειδές ρομπότ Leonardo Da Vinci.[6]

Ένας από τους ανθρώπους που άσκησε μεγάλη επιρροή στην ιστορία τις ανθρωπότητας, ο Nicola Tesla, δημιουργεί το πρώτο τηλεχειριζόμενο πλοίο το 1898. Το 1930 ξεκινά η βιομηχανία να στρέφεται προς την ρομποτική, όπου η Εταιρία Westinghouse Electric Corporation (Η.Π.Α.) κατασκευάζει το ρομπότ “Electro”. Αργότερα, το 1948 κατασκευάζεται το πρώτο αυτόνομο ρομπότ Elsie με αισθητήρες φωτός στο πανεπιστήμιο του Bristol (Αγγλία). Το 1958 ο Αμερικάνος George Devol κατασκευάζει τον ψηφιακό ρομποτικό Βραχίονα “Unimate”. Η General Motors τον αγοράζει και τον εγκαθιστά το 1961 για βιομηχανική χρήση. Χρησιμοποιήθηκε για εκφόρτωση μετάλλου από μια μηχανή χυτηρίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΡΟΜΠΟΤ ΚΑΙ ΒΡΑΧΙΟΝΑΣ

2.1 Έννοιες

Τι είναι η ρομποτική;

«Η Ρομποτική είναι εκείνος ο τεχνολογικός κλάδος της επιστήμης του μηχανικού, που έχει ως αντικείμενο τη μελέτη, τη σύλληψη, το σχεδιασμό, την κατασκευή, την λειτουργία των ρομπότ, καθώς και την έρευνα για την περαιτέρω ανάπτυξή τους» [16].

Τι είναι το ρομπότ;

Σύμφωνα με τον ορισμό του Ινστιτούτου Ρομπότ των ΗΠΑ, «Ρομπότ είναι μια επαναπρογραμματιζόμενη πολυλειτουργική χειριστική διάταξη, σχεδιασμένη για τη μετακίνηση υλικών, εξαρτημάτων, εργαλείων και εξειδικευμένων διατάξεων, μέσω μεταβλητών, προγραμματισμένων κινήσεων για την εκτέλεση μιας σειράς εργασιών» [16].

Στην ουσία πρόκειται για ένα ηλεκτρομηχανικό προγραμματιζόμενο σύστημα που αποσκοπεί στην αντικατάσταση του ανθρώπου στην εκτέλεση του έργου, είτε υπό τον έλεγχό του, είτε αυτόνομα.

Η λέξη ρομπότ προέρχεται από την τσέχικη λέξη «ρομπότα» που σημαίνει καταναγκαστική εργασία. Η εισαγωγή αυτής της έννοιας των ρομπότ έγινε το 1921 από τον Τσέχο θεατρικό συγγραφέα Karel Capek. Αργότερα το 1942 ο Ρώσο-Αμερικάνος Isaac Asimov εισήγαγε την λέξη «ρομποτική»[6].

«Η παλαιότερη ελληνική λέξη αυτόματο χρησιμοποιείται πλέον περισσότερο για μηχανισμούς που μιμούνται τον άνθρωπο ή κάποιο ζώο. Ο νέος όρος «ανδροειδές» αναφέρεται σε ανθρωπόμορφους, αλλά όχι όμως σε ζωόμορφους μηχανισμούς» [6].

2.2 Εφαρμογές Ρομποτικών Συστημάτων

Η πρώτη φιλοσοφία στο σχεδιασμό των ρομπότ ήταν να σχεδιαστούν μηχανισμοί που θα πραγματοποιούσαν απλές εργασίες, όπως τη μεταφορά υλικών και τον ψεκασμό με χρώμα. Ο έλεγχος του εξωτερικού περιβάλλοντος ήταν περιορισμένος ή ανύπαρκτος.

Σήμερα, τα ρομπότ, ειδικά στην βιομηχανία, είναι ευρέως διαδεδομένα. Η απαίτηση για πιο σύνθετες εργασίες οδήγησε στη ταχύτερη λειτουργία των ρομποτικών συστημάτων, καθώς και στην αύξηση του βάρους που μπορούν να σηκώσουν. Μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες για επαναληπτική έντονη εργασία, σε μακρά χρονικά διαστήματα, σε δύσκολες καταστάσεις, όπως η μεταφορά υλικών και να εκτελέσουν εργασίες με ακρίβεια. Χρησιμοποιούνται σε εργοστάσια παραγωγής, βιομηχανίες αυτοκινήτων, σε βιοτεχνίες, σε εργασίες ταξινόμησης, συναρμολόγησης, συγκόλλησης, βαφής, εκσκαφής, υποθαλάσσιες, επικίνδυνο περιβάλλον κ.α. .

Μεγάλη εφαρμογή έχουν τα ρομπότ χειριστές, που κατευθύνονται από απόσταση ως «μηχανικό χέρι». Εφαρμόζονται για εργασίες σε σημεία απροσπέλαστα για τον άνθρωπο ή σε συνθήκες επικίνδυνες για αυτόν, όπως στην πυρηνική βιομηχανία, στη χημική βιομηχανία κλπ. Ο χειριστής διευθύνει την κίνηση, ενώ το παρακολουθεί άμεσα ή σε κάμερα. Συχνά τα ρομπότ αυτά εφοδιάζονται με εκπαιδευμένο σύστημα, όταν σε ένα ρομπότ αυτού του είδους υποδεικνύεται η σειρά των διαδικασιών που πρέπει να εκτελέσει, το σύστημα αποθηκεύει αυτή τη σειρά στο πρόγραμμα και ύστερα την επαναλαμβάνει με ακρίβεια.

2.2.1 Κατηγορίες Ρομπότ

Υπάρχουν διάφοροι τύποι ρομπότ. Ταξινομούνται αναλόγως με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που διαθέτουν.

Γενιές

Έτσι, ανάλογα ταξινομούνται σε τρεις «γενιές» [16] :

1.Πρώτη Γενιά: κατατάσσονται ρομπότ με περιορισμένη ευελιξία, που διευθύνονται από τον άνθρωπο ως απλοί «χειριστές», εργαλεία που επιτρέπουν, για παράδειγμα, τη μετακίνηση επικίνδυνων αντικειμένων (π.χ. ραδιενεργών υλικών), ιατροφαρμακευτικές εφαρμογές (π.χ. χειρουργικές εφαρμογές).

2.Δεύτερη Γενιά: κατατάσσονται τα ρομπότ που είναι εφοδιασμένα με σταθερό πρόγραμμα δράσης, και ρομπότ που λαμβάνουν εντολές από κάποιο σύστημα αριθμητικού ελέγχου.

3.Τρίτη Γενιά: κατατάσσονται ρομπότ που είναι εφοδιασμένα με αισθητήρια, όπως κάμερες, μικρόφωνα, θερμόμετρα, αυτόματους μετρητές αποστάσεως, για λήψη πληροφοριών (δεδομένων) από το περιβάλλον.

Εργασίες

Ανάλογα, κατατάσσονται ως προς τη χαρακτηριστική εργασία που πραγματοποιούν, έτσι μπορούμε να διακρίνουμε [7] :

- Επιλογή Αντικειμένων. Στο παρελθόν μια τέτοια εφαρμογή θα φάνταζε ως σενάριο επιστημονικής φαντασίας. Τώρα μέσω διάφορων οπτικών αισθητήρων μπορεί να «δει» και να επιλέξει το απαιτούμενο αντικείμενο.
- Συλλογή-Τοποθέτηση-Απελευθέρωση Αντικειμένων. Είναι μία από τις κοινές εργασίες στην βιομηχανία. Χρησιμοποιείται για αντικείμενα με βάρος μεγαλύτερης, από αυτά που μπορεί να σηκώσει ο άνθρωπος, κάνοντας χρήση των δυνατοτήτων της πνευματικής ή υδραυλικής πίεσης.
- Στοιβαζόμενα Αντικείμενα. Το πρόγραμμα που το αποτελεί δίνει τις κατάλληλες οδηγίες για να επιτευχθεί. Κάθε κομμάτι τοποθετείται με τον ίδιο τρόπο σε κάποιο/κάποια σημεία που θα οριστούν.
- Έλεγχος αντικειμένου. Χρησιμοποιώντας κάποια συστήματα μέτρησης και αισθητήρων, παρέχει ενημέρωση, ακουστική ή αναγραφόμενη, για ελαττωματικό αντικείμενο.

- Ρύθμιση. Είναι ευέλικτο για περεταίρω ρυθμίσεις, όπως για παράδειγμα μπορεί να προγραμματιστεί, ώστε όταν κάποιο εξάρτημά του καταστραφεί ή παρουσιάσει βλάβη να ενημερώσει έναν τεχνικό ή ακόμα και να ακολουθήσει μια συγκεκριμένη λειτουργία.
- Συνεχόμενη λειτουργία. Αν δεν υπάρχει λόγος διακοπής λειτουργίας από βλάβες συστήματος, μπορεί ασταμάτητα να εκτελεί της προγραμματιζόμενες εργασίες και κινήσεις. Καλύπτει έτσι ένα μεγάλο μέρος των συνολικών εργασιών, μειώνοντας την ανάγκη για εργατικό προσωπικό με αποτέλεσμα τη μείωση κόστους παραγωγής.

Ωστόσο, το κυριότερο μειονέκτημα είναι η μειωμένη «νοημοσύνη». Σε ένα περιβάλλον που μπορούν να μεταβάλλονται οι συνθήκες λειτουργίας, θα αποδώσουν λανθασμένα αν δεν το προβλέπει το πρόγραμμα. Σε τέτοιες συνθήκες κρίνεται ο άνθρωπος αναντικατάστατος.

Κίνηση

Ένα ρομπότ αποτελείται από δύο συστήματα, το ηλεκτρονικό (επαναπρογραμματιζόμενη μνήμη) και το μηχανικό (σύστημα κίνησης).

Έτσι επικεντρώνοντας στο μηχανικό μέρος, διακρίνουμε δύο τύπους κίνησης που μπορούν να διαθέσουν [15]:

- Ρομπότ Σταθερής Βάσης: Τα ρομπότ αυτά αποτελούνται από στερεά σώματα, συνδέσμους, οι οποίοι συνδέονται μέσω αρθρώσεων. Είναι στηριγμένα σε μια σταθερή επιφάνεια. Αποτελούν την παραδοσιακή μορφή ενός βιομηχανικού ρομποτικού βραχίονα, περιλαμβάνοντας τον βραχίονα, τον καρπό και το εργαλείο.
- Κινούμενα Ρομπότ: «Ως κινητά ρομπότ χαρακτηρίζονται όλα εκείνα τα ρομπότ που έχουν τη δυνατότητα να μετακινήσουν όλα τα σημεία του μηχανισμού τους»[15]. Τα AGVs (Automatic Guided Vehicles-τροχιά προκαθορισμένη μέσω καλωδίων), τα Αυτόνομα Έντροχα Ρομπότ (υψηλό βαθμό αυτονομίας), Βαδίζοντα Ρομπότ (μηχανικά πόδια), Εναέρια Ρομπότ κ.α.

2.3 Σύστημα Ελέγχου

Το σύστημα ελέγχου ενός ρομπότ καθορίζει της λειτουργίες και την παραγωγικότητα του, χρησιμοποιώντας τον σχεδιασμό του κατασκευαστή του .

Παρέχει έναν αλγόριθμο, μία σειρά λογικών κινήσεων, τον οποίο θα ακολουθήσει το σύστημα. Προβλέπει την επόμενη θεωρητική θέση, μέσω των συνεχόμενων μετρήσεων της πραγματικής του θέσης μετά από κάθε κίνηση [7].

Τύποι Των Συστημάτων Ελέγχου

- Σύστημα ελέγχου από σημείο-προς-σημείο.

Με αυτό το σύστημα ελέγχου , το ρομπότ αποθηκεύει το σημείο, στο οποίο θα πρέπει να πάρει ένα αντικείμενο, και το επιθυμητό σημείο , όπου απαιτείται για να αφήσει το σημείο. Στη συνέχεια, υπολογίζει την καλύτερη διαδρομή. Αυτός ο τύπος του συστήματος ελέγχου χρησιμοποιείται όταν η αρχική και η τελική θέση είναι πάντα επαναληπτική.

- Σύστημα ελέγχου με συνεχόμενη διαδρομή.

Με αυτό το σύστημα ελέγχου, το ρομπότ μπορεί να είναι προγραμματισμένο εκ των προτέρων να ακολουθήσει μια ακανόνιστη πορεία. Η διαδρομή που πρέπει να διασχίζει αντιπροσωπεύεται από μεγάλο αριθμό σημείων, τα οποία αποθηκεύονται στο χώρο της μνήμης. Έπειτα ακολουθεί ακριβώς την ίδια πορεία όπως είχε αποθηκευτεί. Χρησιμοποιείται σε εφαρμογές , όπως συγκόλληση και βαφή .

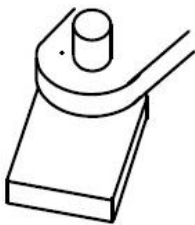
2.4 Τύπος Βραχίονα

Για να καταφέρουμε να σχεδιάσουμε τον Βραχίονα θα χρησιμοποιήσουμε κάποιες τυποποιημένες αρθρώσεις. Οι οποίες αρθρώσεις συγκρατούν τις ενώσεις και το εργαλείο, καθορίζουν και τις κινήσεις που μπορεί να πραγματοποιήσει.

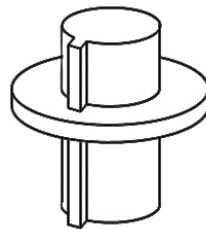
Αναγνωρίζοντας τον τύπο του βραχίονα, αρκεί να παρατηρήσουμε τις εσωτερικές, αρχέγονες στην βάση αρθρώσεις, οι οποίες αποτελούν την βασική τοποθέτηση του βραχίονα, ενώ οι εξωτερικές αρθρώσεις αποδίδουν τον προσανατολισμό του εργαλείου.

Οι σύνδεσμοι συνδέονται ανά δύο μεταξύ τους μέσω αρθρώσεων, οι αρθρώσεις μπορεί να είναι [15]:

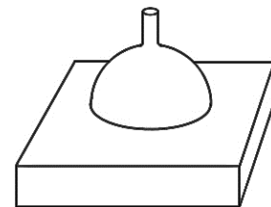
- Πρισματικές
- Περιστροφικές
- Σφαιρικές



Εικόνα 2.1
Πρισματικές αρθρώσεις
[15]



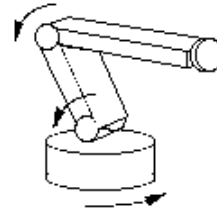
Εικόνα 2.2
Περιστροφικές Αρθρώσεις
[15]



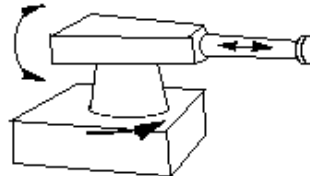
Εικόνα 2.3
Σφαιρικές Αρθρώσεις
[15]

Ο τύπος και η διαδοχή των αρθρώσεων ενός βραχίονα επιτρέπει την ταξινόμηση σε κάποιες τυποποιημένες ρυθμίσεις (τύποι) ρομποτικού βραχίονα όπως φαίνεται και παρακάτω στις εικόνες.

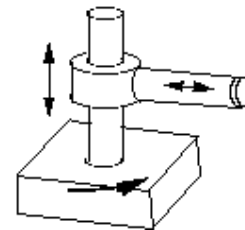
Εικόνα 2.4 Ανθρωπομορφικός Βραχίονας



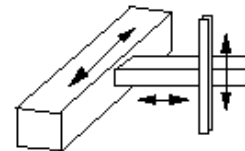
Εικόνα 2.5 Σφαιρικός Βραχίονας



Εικόνα 2.6 Κυλινδρικός Βραχίονας



Εικόνα 2.7 Ορθογώνιος Βραχίονας



2.4.1 Βαθμοί Ελευθερίας

Οι βαθμοί ελευθερίας (DOF) είναι ένας πολύς σημαντικός όρος για τα ρομποτικά συστήματα. Στη μαθηματική του έννοια είναι ο αριθμός των συντεταγμένων που απαιτούνται για τον καθορισμό των θέσεων των σωμάτων στο χώρο εργασίας. Συναντάται εκτός από τα ρομποτικά συστήματα, σε συστήματα μηχανολογίας, στην αεροναυπηγική, και στις δομικές κατασκευές.

Σε εφαρμογή προσδιορίζει τον αριθμό των αρθρώσεων (πρισματικών ή/και περιστροφικών), τα σημεία στα οποία μπορεί να λυγίσει ή να περιστρέψει, και επομένως τον αριθμό των κινήσεων που μπορεί να εκτελέσει. Σε κάθε περίπτωση ο αριθμός αυτός επιλέγεται με βάση την περίπτωση της εργασίας, τις απαιτήσεις των κινήσεων που πρέπει να πραγματοποιηθούν μέσα στο χώρο εργασίας. Με βάση την κατασκευή του ρομπότ προσδιορίζεται και ο χώρος αυτός.

Για παράδειγμα, αν οι απαιτήσεις μιας συγκεκριμένης εργασίας απαιτεί κινήσεις 5 βαθμών ελευθερίας, θα σχεδιαστεί και θα κατασκευαστεί ένας ρομποτικός βραχίονας 5

Βαθμών. Ο ρομποτικός βραχίονας των 5 DOF βέβαια, μπορεί να εκτελέσει έργο με απαιτήσεις από τεσσάρων ή τριών DOF και κάτω. Σημαντικό είναι, καθώς σχεδιάζουμε τον κάθε ρομποτικό βραχίονα, να αναλογιστούμε πόσους DOF θα χρειαστεί, φροντίζοντας να είναι όσο τον δυνατό λιγότεροι για την κάθε συγκεκριμένη εφαρμογή.

2.4.2 Εργαλεία στην άκρη του βραχίονα

Το πιο σημαντικό σε έναν ρομποτικό βραχίονα είναι το εργαλείο με το οποίο αλληλοεπιδρά με το εξωτερικό περιβάλλον στο τέλος της διαδρομής (συγκολλητές όπλων, συγκολλητές σημείου, πιστόλια ψεκασμού και λείανσης, αρπάγες κ.α.). Αυτά τα εργαλεία είναι συχνά περίπλοκα, και πολλές φορές σχεδιασμένα με παραπάνω από ένα DOF, κατασκευασμένα να ταιριάζουν στην εκάστοτε εφαρμογή, για το εκάστοτε αντικείμενο. Μπορεί να είναι εξοπλισμένο με διάφορους αισθητήρες για τον εντοπισμό, τον χειρισμό και την τοποθέτηση των αντικειμένων.

2.4.3 Περιβάλλον Εργασίας

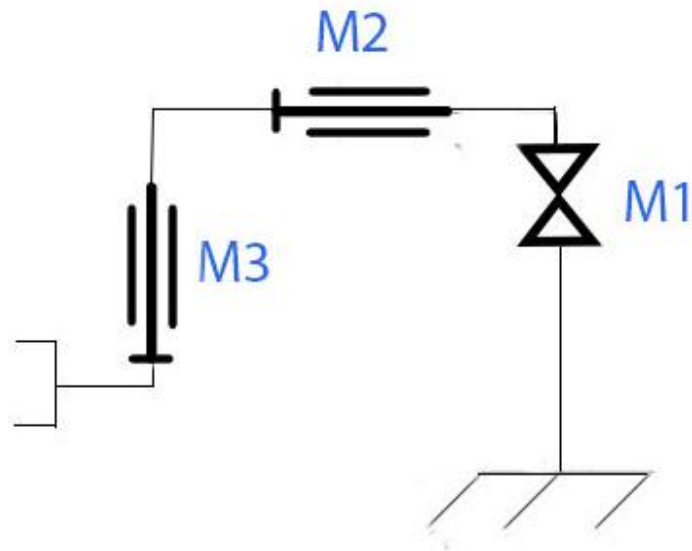
Το περιβάλλον εργασίας του ρομποτικού βραχίονα ορίζεται ως η ωφέλιμη περιοχή λειτουργίας, μέσα στην οποία φτάνει το εργαλείο στην άκρη του βραχίονα. Εξαρτάται από τους DOF και τους περιορισμούς του κάθε DOF, τις αποστάσεις μεταξύ των συνδέσμων, ύπαρξη αντικειμένων στην πορεία του βραχίονα κ.λπ. Υπάρχουν πολλοί συνδυασμοί, με τους οποίους μπορεί να πραγματοποιηθεί ένα διαφορετικό περιβάλλον εργασίας.

2.5 Ανάλυση Μοντέλου Ρομποτικού Βραχίονα

2.5.1 Μηχανικό Διάγραμμα Σώματος βραχίονα

Σχεδιάζοντας το μοντέλο του ρομποτικού βραχίονα [3] , αρχικό στάδιο είναι η σχεδίαση του απλοποιημένου μηχανικού σχεδίου του βραχίονα.

Υπάρχουν δύο τύποι κινήσεων που μπορεί να πραγματοποιήσει ο βραχίονας, οριζόντια και περιστροφική, που πραγματοποιούνται στους τρεις άξονες X,Y,Z.



Εικόνα 2.8 Μηχανικό Διάγραμμα Σώματος βραχίονα



Αντιπροσωπευτικό σύμβολο βάσης του Βραχίονα.



Σώμα που πραγματοποιεί περιστροφική οριζόντια κίνηση.

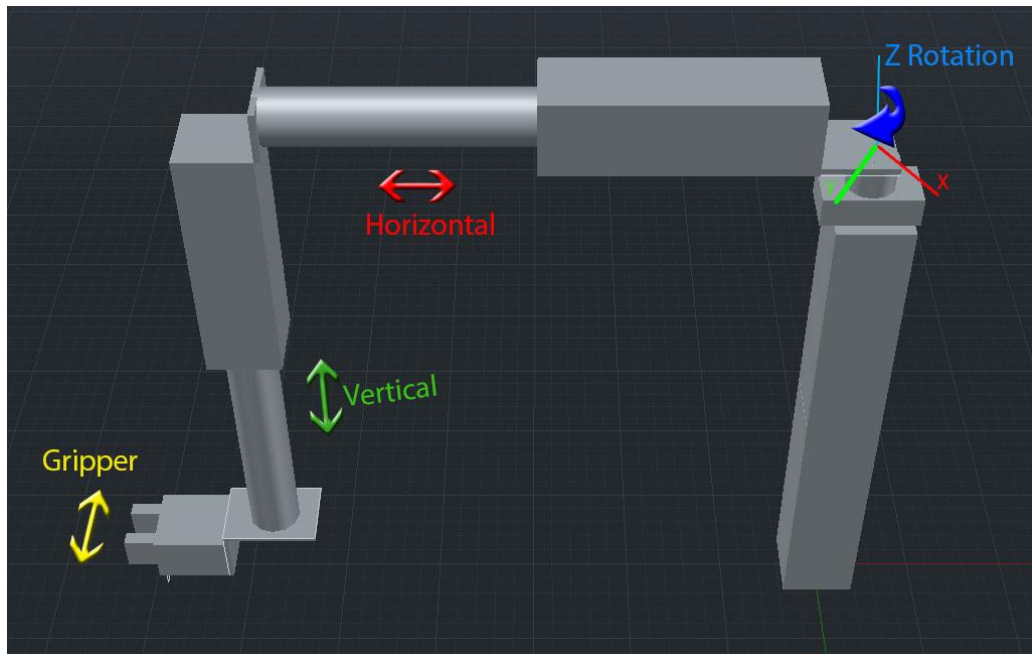


Σώμα που πραγματοποιεί μεταφορική κίνηση.



Εργαλείο

Σε κάθε ένωση συνδέσμων υπάρχει κάποια απόσταση μεταξύ τους. Σε κάποιους συνδέσμους όμως, υπάρχει η περίπτωση να υπάρχουν πολλές DOF στο ίδιο σημείο. Σε αυτή την περίπτωση έχουμε απόσταση=0. Επιπλέον κάθε DOF έχει κάποια όρια που ορίζονται από το κάθε υλικό που χρησιμοποιείται.



Εικόνα 2.9 Μοντέλο Ρομποτικού Βραχίονα

2.5.2 Βαθμοί Ελευθερίας

Όπως αναφέρεται στο [18], ένα σώμα το οποίο είναι ελεύθερο στο χώρο, δηλαδή χωρίς περιορισμούς μπορεί να εκτελέσει:

$$M = 6n = 6 \cdot 1 = 6. \text{ (Σχέση 1.1)}$$

Άρα και έχει 6 βαθμούς ελευθερίας. Όπου n είναι ο αριθμός των σωμάτων στο σύστημα.

Κάθε σύνδεσμος που συνδέει τα σώματα αφαιρεί και βαθμίδες ελευθερίας. Για παράδειγμα, μεντεσέδες και ρυθμιστικά περιορίζουν το κάθε σώμα και αφαιρούν 5 DOF.

Έτσι ο αριθμός των περιορισμών C , που επιβάλλονται είναι :

$$C = 6 - f = 5 \text{ (Σχέση 1.2)}$$

Όπου $f = 1$ είναι οι βαθμοί ελευθερίας που επιτρέπουν τα ρυθμιστικά.

Το σύστημα μας αποτελείται από $n=3$ σώματα (χωρίς το εργαλείο στην άκρη του βραχίονα) τα οποία κινούνται σε σχέση με την βάση, και $j = 3$ ο αριθμός των συνδέσμων μεταξύ τους. Ο Β.Ε. αναπαριστάται με την εξής εξίσωση:

$$M = 6n - \sum_{i=1}^j (6 - f_i) \quad (\text{Σχέση 1.3})$$

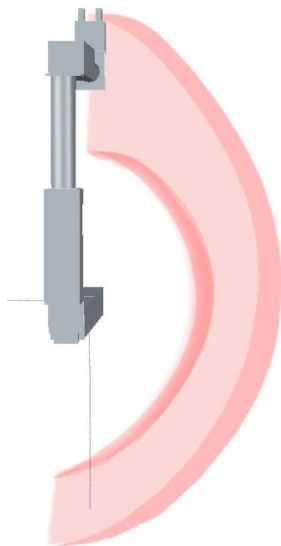
Όπως αναφέραμε προηγουμένως στην σχέση 1.2, $f = 1$, για κάθε σύνδεσμο.

$$\sum_{i=1}^j (6 - f_i) = (6 - f_1 + 6 - f_2 + 6 - f_3) = 15 \quad (\text{Σχέση 1.4})$$

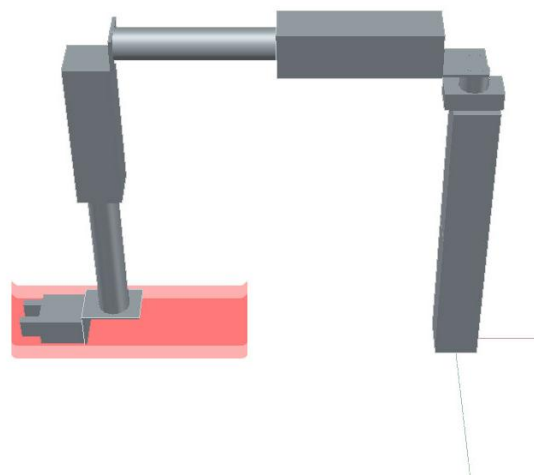
Και άρα $M = 6 * 3 - 15 = 18 - 15 = 3$ Βαθμούς Ελευθερίας χωρίς την αρπαγή.

2.5.3 Περιβάλλον εργασίας

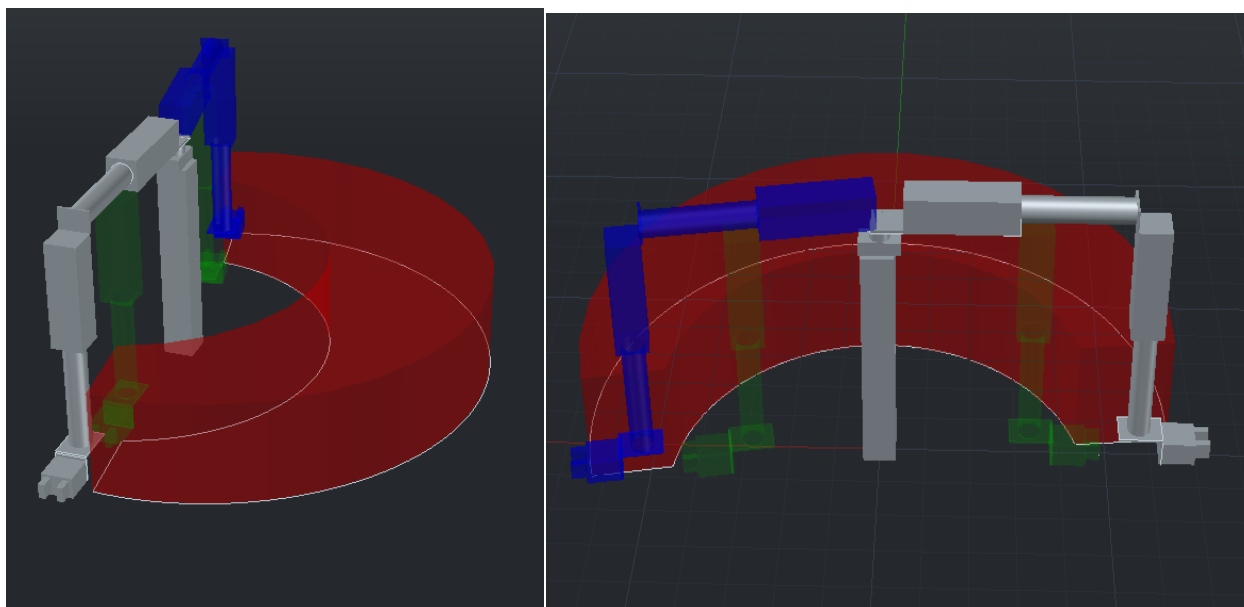
Το περιβάλλον εργασίας του βραχίονα όπως φαίνεται στις εικόνες 2.10 και 2.12, είναι 190 μοίρες οριζόντια περιστροφή, και η ωφέλιμη μεταφορική κίνηση (εικ. 2.11) είναι 150 mm, οριζοντίως και καθέτως.



Εικόνα 2.10
Οριζόντια περιστροφή



Εικόνα 2.11
Μεταφορική κίνηση



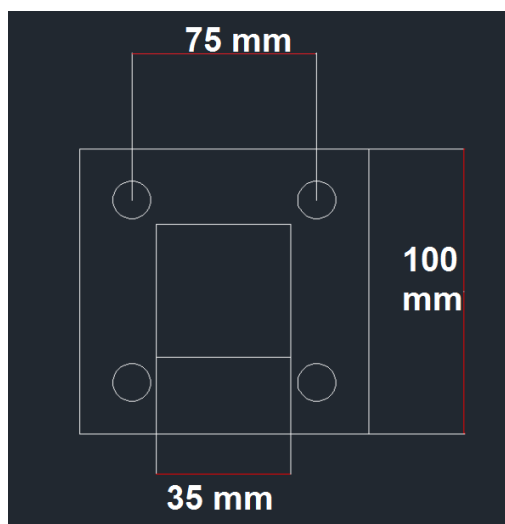
Εικόνα 2.12 Τρισδιάστατη προσέγγιση περιβάλλον εργασίας

2.6 Κατασκευή

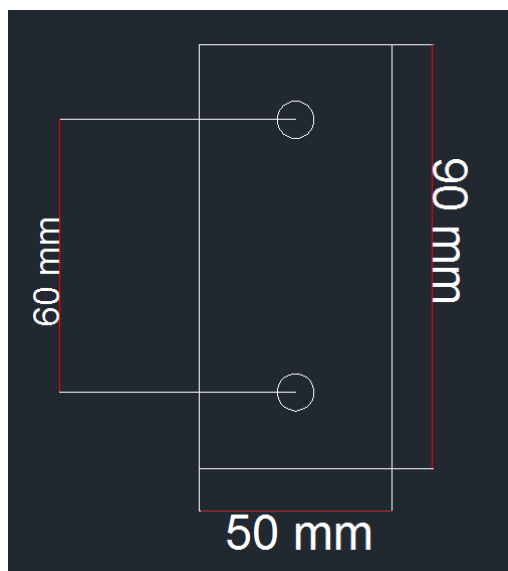
Μια πρόκληση που αντιμετωπίσαμε στα αρχικά στάδια της εργασίας ήταν η εύρεση κατάλληλου προμηθευτή για τη κατασκευή του, καθώς αποδείχθηκε πολυδάπανη. Κύριος γνώμονας στη διάρκεια της μελέτης ήταν η όσο το δυνατόν μέγιστη εξίσωση τους κόστους και της απόδοσης.

Για την βασική κατασκευή (βάση και ενώσεις) χρησιμοποιήθηκαν γαλβανιζέ υλικά. Δημιουργήθηκαν δύο γωνιακές ενώσεις 90 μοιρών, που συνδέουν τα τρία πνευματικά στοιχεία. Επίσης, η δημιουργία της βάσης έγινε με την διαδικασία της ηλεκτροκόλλησης με τον πυλώνα της κατασκευής, σύμφωνα με τα παρακάτω σχέδια. Το πάχος μετάλλου της βάσης είναι 25mm.

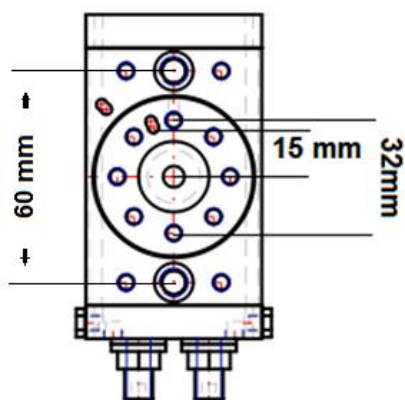
Τα σχέδια δημιουργήθηκαν με την χρήση του AutoCAD [35].



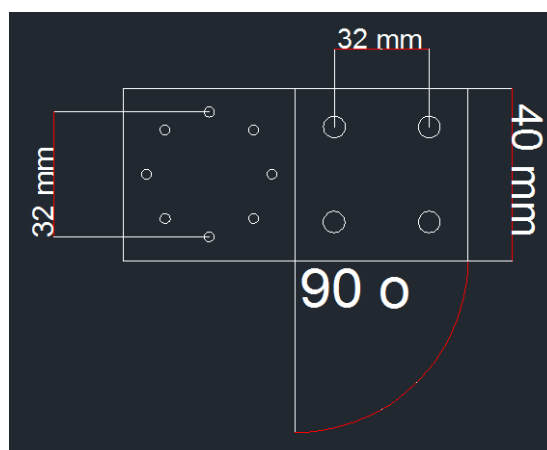
Εικόνα 2.13
Βάση στην επιφάνεια εργασίας



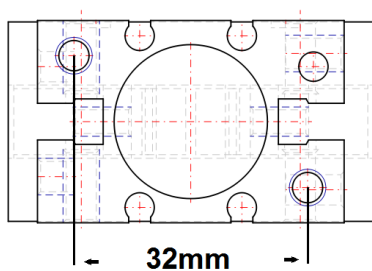
Εικόνα 2.14
Βάση Περιστροφικού ενεργοποιητή



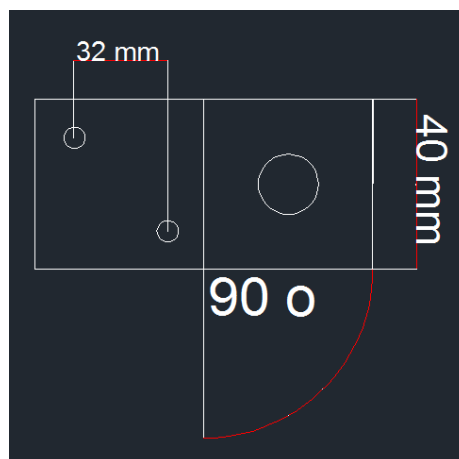
Εικόνα 2.15
Σχέδιο Περιστροφικού Ενεργοποιητή



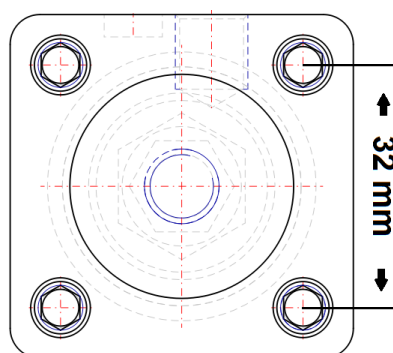
Εικόνα 2.16
Άρθρωση πνευματικού
περιστροφικού – κυλίνδρου



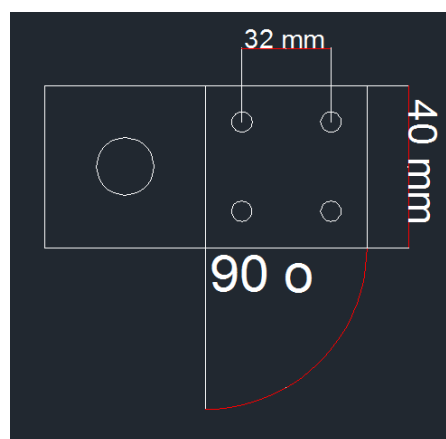
Εικόνα 2.17
Σχέδιο Πνευματικού Αρπαγές



Εικόνα 2.18
Άρθρωση πνευματικού
κυλίνδρου – αρπαγές



Εικόνα 2.19
Βάση Πνευματικού κυλίνδρου



Εικόνα 2.20
Άρθρωση πνευματικού κυλίνδρου – κυλίνδρου

Μετά την συναρμολόγηση της βάσης και των ενώσεων, ακολουθεί η επιλογή των βιδών και των παξιμαδιών. Απαραίτητη διαδικασία η κοπή τους, ώστε να ενσωματωθούν καλύτερα στην κατασκευή.

Ακολούθησε βαφή των υλικών, συναρμολόγηση και εγκατάσταση στην επιφάνεια εργασίας.



Εικόνα 2.21 Φωτογραφία Βραχίονα



Εικόνα 2.22 Φωτογραφία υλικών

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΙΝΗΣΗΣ

Η διάκριση των βιομηχανικών αυτοματισμών υπάγεται σε κατηγορίες σύμφωνα με τον τρόπο λειτουργίας τους και την φύση γενικά των μέσων που χρησιμοποιούν και αυτό γιατί κάθε κατηγορία των μέσων αυτοματισμού έχει ιδιαίτερα πλεονεκτήματα και ιδιαίτερα μειονεκτήματα.

Σήμερα χρησιμοποιούμε στην βιομηχανία διακρίσεις αυτοματισμών: τους υδραυλικούς, τους πνευματικούς και τους ηλεκτρονικούς αυτοματισμούς. Συχνά συναντάμε μικτούς τύπους από δύο ή και περισσότερα είδη, δηλαδή τον συνδυασμό δύο συστημάτων, όπως ένα ηλεκτροπνευματικό σύστημα.

Καθώς θα χρησιμοποιηθούν πνευματικά στοιχεία θα επικεντρωθούμε περισσότερο στις έννοιες των πνευματικών στοιχείων όπως κύλινδροι, βαλβίδες, ρυθμιστές αέρος κλπ.

3.1 Φυσικές Αρχές

Αέρας

Ο αέρας περιβάλλει την Γη, είναι πυκνότερος πλησιέστερα στον πλανήτη μας και καθώς αυξάνεται το υψόμετρο η πυκνότητα μειώνεται. Ο αέρας είναι ένα άχρωμο, άγευστο και άοσμο αέριο. Αποτελείται από 78% άζωτο, 21% οξυγόνο, 0.04% διοξείδιο του άνθρακα και άλλα αέρια, και 0.25-1 % ποσότητα υδρατμών. Παρόλο που αποτελείται από ποικίλα αέρια, για πρακτικό σκοπό, όπως στα ιδανικά αέρια μπορεί να έπεται τους νόμους των αερίων.

Στα πνευματικά στοιχεία χρησιμοποιείται ο αέρας, είναι το μέσον με το οποίο μεταφέρεται η ενέργεια.

Θερμοκρασία

«Είναι το φυσικό μέγεθος που εκφράζει τη θερμική κατάσταση ενός υλικού. Είναι ένα μέγεθος που δηλώνει το μέσο όρο είτε της κινητικής ενέργειας, είτε της περιστροφικής ενέργειας, είτε της ενέργειας ταλάντωσης των μορίων ή των ατόμων ενός σώματος. Η αιτία που δημιουργεί την θερμοκρασία είναι η κίνηση των μορίων ενός σώματος»[4].

Όγκος

«Με αυτόν τον όρο ορίζουμε το διατιθέμενο χώρο που καταλαμβάνουν τα ρευστά υλικά (υγρά και αέρια). Το μέγεθος του χώρου που καταλαμβάνει ένα ρευστό υλικό εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την πίεση του. Η μεγαλύτερη μεταβολή του όγκου παρουσιάζεται στα αέρια που σημαίνει ότι σε κάθε μεταβολή του όγκου των αερίων θα πρέπει να αναφέρεται η πίεση και η θερμοκρασία»[4].

Πίεση

«Το φυσικό μέγεθος που ορίζεται από το πηλίκο μίας δύναμης η οποία επιδρά κάθετα σε μία επιφάνεια διά της επιφάνειας αυτής και υπολογίζεται από τον τύπο $P = F/A$ χαρακτηρίζεται ως πίεση. Τις περισσότερες φορές η πίεση αναφοράς είναι η ατμοσφαιρική πίεση (πίεση που υπολογίζετε στην επιφάνεια της θάλασσας)»[17].

Ατμοσφαιρική Πίεση

Όπως αναφέρεται στο [17], η ατμοσφαιρική πίεση ή «βαρομετρική πίεση» ονομάζεται η πίεση που ασκεί η ατμόσφαιρα με το βάρος, στην επιφάνεια της Γης. Μετρήθηκε πρώτη φορά από τον φυσικό Evangelista Torricelli. Τα όργανα που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης ονομάζονται **βαρόμετρα**.

Επειδή εξαρτάται του ύψους από την επιφάνεια της θάλασσας και αφορά την ατμοσφαιρική πίεση στην επιφάνεια της θάλασσας ονομάζεται πίεση μιας ατμόσφαιρας.

Η ατμοσφαιρική πίεση ισούται με την υδροστατική πίεση της στήλης του υδραργύρου.

Υπολογίζεται με τον νόμο της υδροστατικής πίεσης.

Ατμοσφαιρική πίεση = $\rho g h$

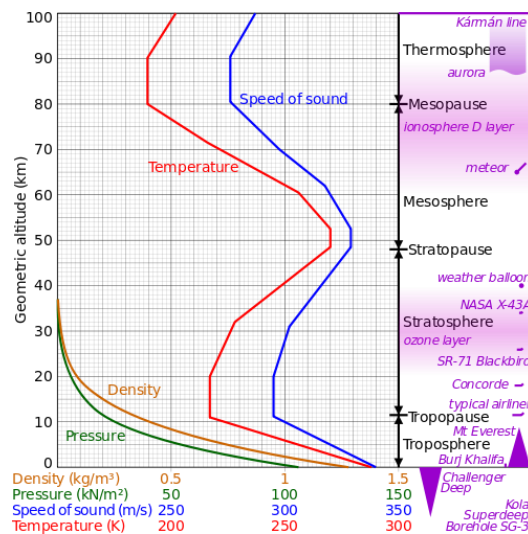
$\rho=13.06 \text{ kg / m}^3$ πυκνότητα υδραργύρου (Hg)

$g= 9.81 \text{ m/s}^2$ επιτάχυνση που οφείλεται στην βαρύτητα

h: στήλη υδραργύρου ύψους 760 χιλ.

Και ισούται με 1.013 bar.

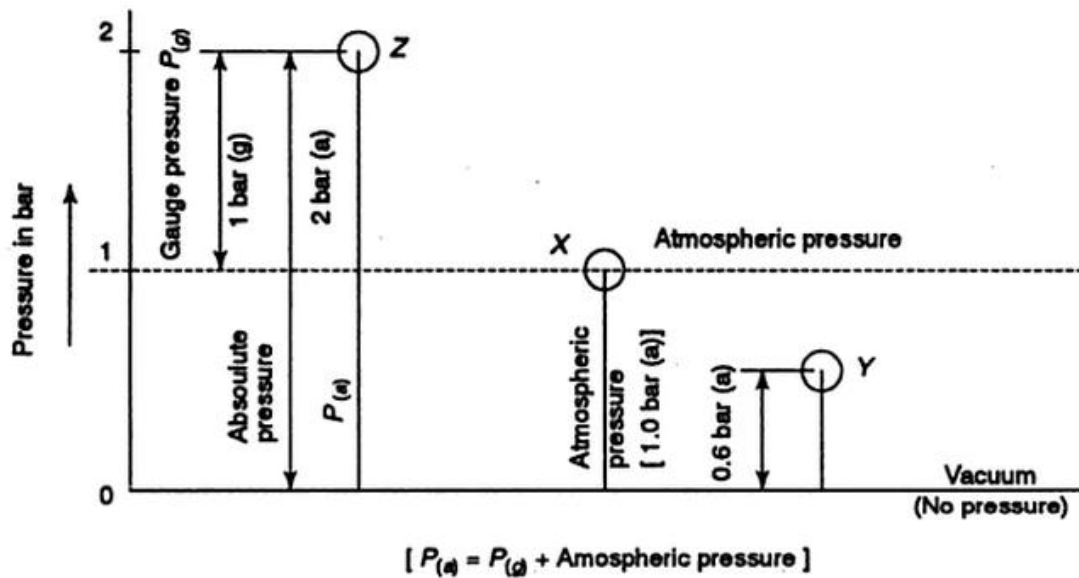
Για πρακτικούς λόγους αναγράφεται στα 1.0 bar.



Εικόνα 3.1

Γεωμετρικό ύψος σε σχέση με την πυκνότητα και την πίεση του αέρα, την ταχύτητα του ήχου και τις θερμοκρασίες [17]

«Στο διεθνές σύστημα μονάδων έχει καθοριστεί από την τυποποίηση ως μονάδα της πίεσης το Pasqual (Pa). Επειδή όμως η τιμή της μονάδας αυτής είναι πολύ μικρή σχετικά με τις τιμές που λειτουργούν οι πνευματικές, υδραυλικές κλπ. εφαρμογές, χρησιμοποιούμε το πολλαπλάσιο της, δηλ. το bar, όπου $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$ » [17].



Εικόνα 3.2 Μέτρηση της πίεσης και απόλυτες πιέσεις[2]

$$\text{BAR} = 10^5 \text{ Pa} = 10 \text{ N} / \text{cm}^2 = 1.02 \text{ Kp} / \text{cm}^2$$

Η μέτρηση της απόλυτης πίεσης μπορεί να γίνει όπως περιγράφει η εικόνα.

Απόλυτη πίεση= μετρούμενη πίεση + ατμοσφαιρική πίεση.

Εάν ένα σημείο είναι κάτω τις ατμοσφαιρική πίεσης, δημιουργείτε τότε μερικό κενό.

- Για παράδειγμα μια τυπική ηλεκτρική σκούπα παράγει αρκετό κενό για να μειωθεί η πίεση του αέρα κατά περίπου 20%.
- Ένα ακόμη παράδειγμα, μια ειδική κατηγορία οι ρομποτικοί αρπάγες, για τους οποίους θα γίνει αναφορά αργότερα, είναι οι αρπάγες κενού, που μπορούν να κρατήσουν πολύ μεγάλα φορτία υπό την προϋπόθεση η επιφάνεια να είναι αρκετά μεγάλη για να εξασφαλιστεί η αναρρόφηση.

Νόμοι των αερίων

Όπως ήδη αναφέρθηκε, ο αέρας, αν και είναι συνδυασμός πολλών αερίων, μπορεί να ακολουθεί τους νόμους των αερίων και συμπεριφέρεται σαν ιδανικό αέριο με μικρή απόκλιση. Επιγραμματικά κάποιοι από τους νόμους που εφαρμόζονται είναι αυτοί των Boyle, Charles, Gay-Lussac, Avogadro, Graham, Dalton, Henry και άλλοι.

3.2 Πνευματικά Στοιχεία

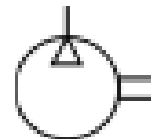
Ο όρος Πνευματικά παραπέμπει στην λέξη 'πνεύμα' που στα αρχαία ελληνικά σημαίνει άνεμος, αέρας. Γενικά ο όρος χρησιμοποιείται για να δηλώσει τα συστήματα που χρησιμοποιούν πεπιεσμένο αέρα προκειμένου να κινήσουν κατάλληλες διατάξεις».[4]

3.2.1 Αεροσυμπιεστές

Η παραγωγή του πεπιεσμένου αέρα γίνεται με μηχανές που ονομάζονται αεροσυμπιεστές. Συμπιέζουν τον αέρα στις απαιτούμενες πιέσεις. Έτσι μετατρέπεται η μηχανική ενέργεια από τον ηλεκτρικό κινητήρα σε δυναμική ενέργεια του πεπιεσμένου αέρα. Έπειτα ο πεπιεσμένος αέρας οδηγείται μέσω των σωληνώσεων στο πνευματικό στοιχείο.



Εικόνα 3.3 Αεροσυμπιεστής



Εικόνα 3.4 Πνευματικό σύμβολο

Επιλογή Αεροσυμπιεστή

Το μέγεθος του αεροσυμπιεστή καθορίζεται κυρίως από την κατανάλωση του αέρα και τις πιέσεις που θα εφαρμοστούν στο σύστημα. Πέραν αυτού, σημείο εξέτασης είναι και ο οικονομικός παράγοντας, έτσι σε ένα σύστημα με απαιτήσεις λιγότερης κατανάλωσης αέρα θα χρησιμοποιηθεί ένα μικρότερος αεροσυμπιεστής. Αυτός ο όρος έρχεται σε αντίθεση με τις δυνατότητες επέκτασης της εφαρμογής.

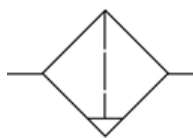
Γενικά η πίεση σε ένα πνευματικό σύστημα, χωρίζεται σε πίεση εργασίας και την πίεση λειτουργίας, η πίεση εργασίας είναι η πίεση σε όλους του σωλήνες μετά την έξοδο από τον συμπιεστή αέρα. Η πίεση λειτουργίας είναι η πίεση για τα οποία τα πνευματικά εργαλεία έχουν σχεδιαστεί.

3.2.2 Κατεργασία αέρα

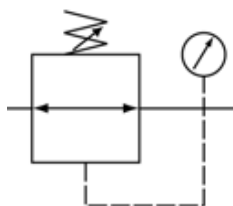
Αποτελείται από εξαρτήματα τα οποία είναι απαραίτητα για την λειτουργία. Κρίνεται κρίσιμο στην πολύωρη λειτουργία. Η λειτουργία του κάθε εξαρτήματος είναι διαφορετική και αποτελούνται από ξεχωριστά πνευματικά σύμβολα.

- Φίλτρο - αφαιρεί ακαθαρσίες από πεπιεσμένο αέρα πριν τροφοδοτηθεί στον πνευματικό σύστημα. (Εικ. 3.5)
- Ρυθμιστής πίεσης - για τη σταθεροποίηση της πίεσης. (Εικ. 3.6)
- Λιπαντήρας - Για τη λίπανση των πνευματικών εξαρτημάτων. (Εικ. 3.7)

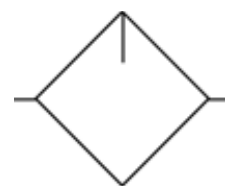
Πνευματικά σύμβολα [23]



Εικόνα 3.5 Φίλτρο



Εικόνα 3.6 Ρυθμιστής πίεσης

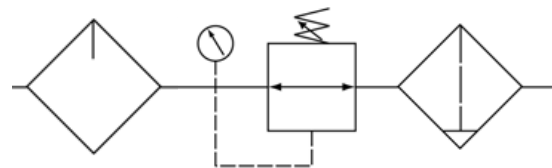


Εικόνα 3.7 Λιπαντήρας

Η ρύθμιση της πίεσης σκοπό έχει να διατηρήσει την πίεση σταθερή, δηλαδή να γίνεται επιλέξιμη με χρήση της οργάνου ένδειξης, το μανόμετρο, (βλ. εικ. 3.8 και 3.9) και θα πρέπει να μεταφέρεται προς το συστήματα χωρίς διακυμάνσεις που θα μπορούσαν να εμφανιστούν στην είσοδο. Η κυρίως απαίτηση αυτών των βαλβίδων είναι ότι η πίεση εισόδου (πίεση από το αεροσυμπιεστή), πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την πίεση εξόδου του ρυθμιστή.



Εικόνα 3.8
Ρυθμιστής πίεσης



Εικόνα 3.9
Πνευματικό σύμβολο ρυθμιστή πίεσης

3.3 Πνευματικά Στοιχεία Εκτέλεσης Κινήσεων

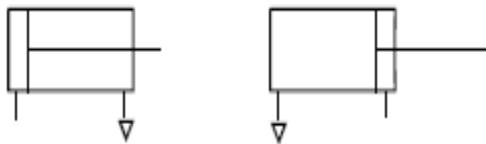
Τα πνευματικά στοιχεία εκτέλεσης κινήσεων παρέχουν είτε ευθύγραμμη είτε περιστροφική κίνηση. Ευθύγραμμη κίνηση παράγεται από τους κυλίνδρους, ενώ η κυκλική κίνηση από πνευματικούς κινητήρες και ενεργοποιητές. Στα πνευματικά τα στοιχεία αυτά επιτρέπουν να μετατραπεί η δύναμη του αέρα σε μηχανική ενέργεια.

3.3.1 Κύλινδροι

Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι κυλίνδρων. Η μονής ενέργειας κύλινδροι και διπλής ενέργειας κύλινδροι.

Μονής Ενέργειας

Η μονής ενέργειας κύλινδροι : αποτελούνται από ένα έμβολο στο οποίο όταν παρέχεται πίεση του αέρα, αυτό εκτονώνεται προς μία κατεύθυνση. Η επιστροφή επιτυγχάνεται μέσω εξωτερικής δύναμης π.χ. βάρους. Η απλής ενεργείας κύλινδροι χρησιμοποιούνται σε σφράγιση, εκτύπωση, μετακίνηση υλικών, κλπ.



Εικόνα 3.10 Πνευματικό Σύμβολο

Μονής Ενέργειας Με Ελατήριο

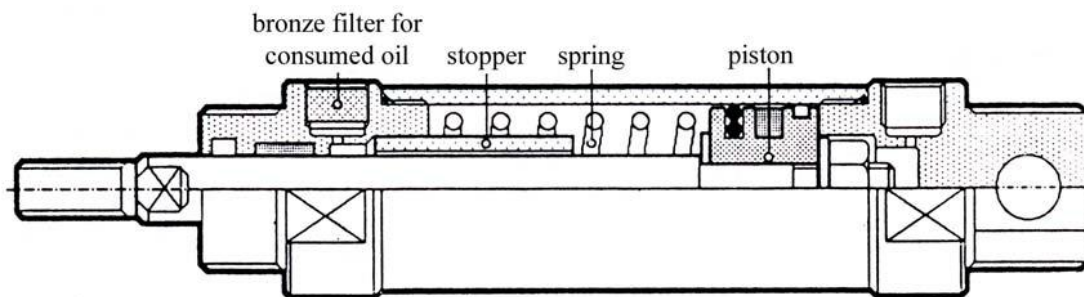
Είναι ίδιο με της μονής ενέργειας. Η επιστροφή όμως γίνεται με την βοήθεια ενός εσωτερικού ελατηρίου που δρα ως δύναμη επαναφοράς. Η ώθηση από την ράβδο του εμβόλου μειώνεται σημαντικά επειδή πρέπει να υπερνικήσει την δύναμη από το ελατήριο. Προκειμένου να παραχθεί η απαιτούμενη δύναμη, η διάμετρος του κυλίνδρου πρέπει να αυξηθεί, για να ταιριάζει με το μήκος του ελατηρίου. Το μήκος του κυλίνδρου θα πρέπει επίσης να αυξηθεί.



Εικόνα 3.11 Πνευματικό Σύμβολο Με Ελατήριο

Διπλής Ενέργειας

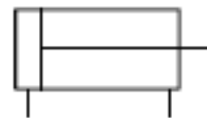
Η διπλής ενέργειας κύλινδροι, είναι οι κύλινδροι στους οποίους η πίεση του αέρα μπορεί να εφαρμοστεί διαδοχικά στην επιφάνεια του εμβόλου για να το οδηγήσει σε μια από τις δύο κατευθύνσεις. Έτσι παράγεται μια δύναμη για την επέκταση και μια δύναμη για την υπαναχώρηση. Η καλής ποιότητας διπλής ενέργειας κύλινδροι συνήθως είναι κατασκευασμένοι από χάλυβα. Οι επιφάνειες είναι επίσης επικαλυμμένες με χρώμιο για τη μείωση της τριβής.



Εικόνα 3.12 Εσωτερικό Κυλίνδρου [21]



Εικόνα 3.13 Κύλινδρος Διπλής Ενέργειας



Εικόνα 3.14 Πνευματικό σύμβολο

3.3.2 Επιλογή Των Πνευματικών Κυλίνδρων

Πριν την παραγγελία και τοποθέτηση του πνευματικού συστήματος πρέπει να γίνει μια αποτίμηση και έρευνα για το τελικό αποτέλεσμα που θέλουμε να πετύχουμε. Τα ερωτήματα που πρέπει να αξιολογηθούν και να απαντηθούν είναι τα εξής [24]:

- Με ποιο τρόπο θα πραγματοποιηθεί η κίνηση, θα χρειαστεί μονής ή διπλής ενέργειας κύλινδροι;

- Πρέπει να επιλεγεί κάποιο από τα πρότυπα της αγοράς, που διευκρινίζουν το μέγεθος και τα χαρακτηριστικά των πνευματικών στοιχείων ώστε να υπάρχει συμβατότητα, πρότυπα όπως ISO, VDMA, CETOP, AFNOR, JIS
- Τα κατασκευαστικά στοιχεία όπως το βάκτρο εμβόλου και διαστάσεις κυλίνδρου
- Δύναμη που θα ασκηθεί (Διάμετρος Πιστονιού- Bore);
- Απόσταση που απαιτείται να μετακινηθεί (Διαδρομή- Stroke);
- Υλικό κατασκευής;
- Η πίεση του αέρα που είναι διαθέσιμη και η κατανάλωση του;
- Αν απαιτείται απορρόφηση της κίνησης (shake absorbers);
- Ταχύτητα της κίνησης και του εμβόλου;
- Αν απαιτείται ανίχνευση θέσης (διακόπτης πάνω στο πνευματικό);
- Αν απαιτούνται βάσεις ανάλογα με τον τύπο τοποθέτησης;
- Συζεύξεις που θα χρειαστούν;

Καταρχήν, πρέπει να γίνει μια συνολική αξιολόγηση του φορτίου. Για το βασικό φορτίο που πρέπει να κινηθεί, οποιαδήποτε μορφή τριβής και η δύναμη που απαιτείται για να επιταχύνει το φορτίο. Επίσης πρέπει να συμπεριληφθεί η δύναμη που απαιτείται μέχρι να εξαντληθεί ο αέρας, μέσω των συζεύξεων, των κυλίνδρων, των βαλβίδων ελέγχου και των υπόλοιπων πνευματικών στοιχείων κ.λπ.

Όπως έχει μελετηθεί στο [24], για όλους τους υπολογισμούς μας που αφορούν τα πνευματικά. Ξεκινώντας θα αναλύσουμε την ώση του κυλίνδρου μας. Η δύναμη αυτή μπορεί να υπολογιστεί μέσω των τύπων:

$$F = \left\{ \frac{\pi}{4} x D^2 x P \right\} \quad \text{Τύπος Επέκτασης Κυλίνδρου (Σχέση 3.1)}$$

$$F = \left\{ \frac{\pi}{4} x (D^2 - d^2) x P \right\} \quad \text{Τύπος Υποχώρησης Κυλίνδρου (Σχέση 3.2)}$$

$F = \text{Ώθηση του κυλίνδρου σε Kgf.}^{(2)}$

$D = \text{H διάμετρος του εμβόλου σε cm.}$

$d = \text{H διάμετρος του βάρικου σε cm.}$

$P = \text{H πίεση του αέρα λειτουργίας σε Bar}$

$f = \text{Δύναμη ελατηρίου σε Kg}$

(δεν υπάρχει ελατήριο στην περίπτωση τις διπλής ενέργειας).

$f_r = \text{αντίσταση τριβής.}$

(Στην περίπτωση τις στατικής ώσης, η αντίσταση τριβής είναι μηδέν.)

$\pi = 3,14$

Η θεωρητική τιμή της δύναμη θα πρέπει να είναι 50-100 % μεγαλύτερη από την επιθυμητή δύναμη της εφαρμογής. Κάνοντας τους υπολογισμούς:

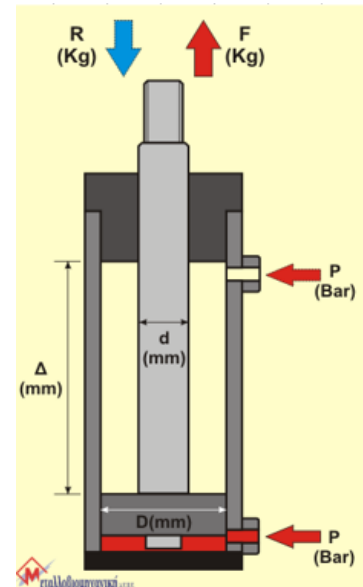
Στη δική μας περίπτωση έχουμε χρησιμοποιώντας τις σχέσεις 3.1 και 3.2.

$D = 4 \text{ cm}$

$d = 3.2 \text{ cm}$

$P = 5 \text{ Bar}$ (παράδειγμα στα 5 Bar)

$f_r = 0$



Εικόνα 3.15 Δυνάμεις εσωτερικά του κυλίνδρου

$$F = \left\{ \frac{3,14}{4} \times 4^2 \times 5 \right\} = 62,8 \text{ Kg} \text{ Μέγιστο Φορτίο στην επέκταση (100\% φορτίο)}$$

$$R = \left\{ \frac{3,14}{4} \times (4^2 - 3,2^2) \times 5 \right\} = 22,608 \text{ Kg} \text{ Μέγιστο Φορτίο στην υποχώρηση (100\% φορτίο)}$$

² $1 \text{ kgf} \cong 9,8 \text{ N}$, $1 \text{ kgf/cm}^2 \cong 0,098 \text{ MPa} = 0,98 \text{ Bar}$, $9,8 \text{ N} = 1 \text{ Kg}$
Για πρακτικούς λόγους $1 \text{ kgf} = 1 \text{ kg}$

Άρα εφαρμόζοντας πίεση των 5 Bar, η εφαρμογή μας μπορεί να αντέξει μέχρι ένα μέγιστο φορτίο 63Kgf περίπου, στην επέκταση του κυλίνδρου. Και 22,5 Kgf στην υποχώρηση του κυλίνδρου. Θεωρητικό αποτέλεσμα που καλύπτει πολύ πάνω του επιθυμητού και από τον κανόνα ασφαλείας του 50%.

3.3.3 Κατανάλωση Αέρα

Στον εξοπλισμό θα πρέπει να λάβουμε υπόψη την κατανάλωση του αέρα ενός πνευματικού στοιχείου. Η κατανάλωση του αέρα είναι ο όγκος του αέρα που καταναλώνεται εντός του κυλίνδρου, ή στις σωληνώσεις μεταξύ του κυλίνδρου και της βαλβίδας ελέγχου αλλαγής κατάστασης.

Αυτό είναι αναγκαίο ώστε να γνωρίζουμε τον τύπο του αεροσυμπιεστή, όπως η μέγιστη πίεση, η χωρητικότητα δεξαμενής, την δύναμη (ίππους HP) και τα λίτρα το λεπτό. Ο όγκος του αέρα είναι καθοριστικός για τη λειτουργία του συστήματος καθώς είναι καθοριστικός για το βάρος του φορτίου και την ταχύτητα λειτουργίας.

Τα δεδομένα κατανάλωσης του αέρα απαιτούνται για να εκτιμηθεί η ικανότητα του αεροσυμπιεστή. Οι υπολογισμοί αυτοί περιλαμβάνουν την κατανάλωση του αέρα κατά τη διάρκεια της πλήρους εκτόνωσης καθώς και της επαναφοράς [24].

Κατανάλωση αέρα = εμβαδόν πιστονιού x (Πίεση λειτουργίας + 1.013) x Διαδρομή

(Σχέση 3.3)

Για την επιστροφή υπολογίζεται επίσης με παρόμοιο τρόπο και προστίθενται για να υπολογιστεί η συνολική κατανάλωση αέρα του κυλίνδρου κατά τη διάρκεια ενός πλήρους κύκλου (Εκτόνωσης-Επιστροφής).

D = Διάμετρος του εμβόλου σε cm.

d = Διάμετρος του βάρους σε cm.

L = Διαδρομή του εμβόλου σε cm.

P = Πίεση του αέρα σε Bar.

Δηλαδή

$$C = \left\{ \frac{\pi}{4} x D^2 x (P+1) x L \right\} / 1000 \text{ Κατανάλωση αέρα στην εκτόνωση (Σχέση 3.4)}$$

$$C = \left\{ \frac{\pi}{4} x (D^2 - d^2) x (P+1) x L \right\} / 1000 \text{ Κατανάλωση αέρα επιστροφής του εμβόλου (Σχέση 3.5)}$$

Με δεδομένο ότι διαθέτουμε ένα αεροσυμπιεστή 24λίτρων που μπορεί θεωρητικά να αποδώσει 200 λίτρα το λεπτό. Μέγιστη Πίεση 8 Bar.

Στη δική μας περίπτωση έχουμε, υπολογίζοντας μέσω των σχέσεων 3.4 και 3.5:

$$D = 4 \text{ cm}$$

$$d = 3.2 \text{ cm}$$

$$L = 15 \text{ cm.}$$

$$P = 5 \text{ Bar (παράδειγμα στα 5 Bar)}$$

Η ελάχιστη κατανάλωση αέρα που κυρίως οφείλεται στην εκτόνωση είναι:

$$C_1 = \left\{ \frac{\pi}{4} x D^2 x (P+1) x L \right\} / 1000 = 1,1304 \text{ Lt}$$

Και για την επιστροφή

$$C_2 = \left\{ \frac{\pi}{4} x (D^2 - d^2) x (P+1) x L \right\} / 1000 = 0,406944 \text{ Lt}$$

Ως εκ τούτου, για έναν πλήρη κύκλο λειτουργίας για αυτού του κυλίνδρου αθροίζοντας είναι $C_1 + C_2 = 1,53 \text{ Lt}$

Για να βρούμε τις μέγιστες διαδρομές σε αριθμό που μπορεί να κάνει ο κύλινδρος χρησιμοποιούμε τον εξής λογισμό:

Κατανάλωση αέρα = κατανάλωση αέρα ανά κύκλο x Διαδρομές ανά λεπτό (Σχέση 3.6)

Άρα

200 Lt / min διαθέτει ο αεροσυμπιεστής που χρησιμοποιούμε

1,53 Lt κατανάλωση ανά κύκλο

Διαδρομές ανά λεπτό= 200LtperMin / 1,53Lt = 153 διαδρομές το λεπτό

Ο αεροσυμπιεστής καλύπτει της ανάγκες της εργασίας καθώς τόσο γρήγορες κινήσεις δεν θα πραγματοποιούνται.

3.3.4 Ταχύτητα Κυλίνδρου

Οι παράγοντες που διέπουν την ταχύτητα του εμβόλου είναι η εξής [24]:

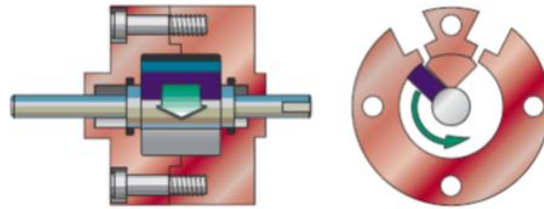
- Η πίεση λειτουργίας.
- Αντίθετες δυνάμεις.
- Εσωτερική διάμετρος.
- Το μήκος του καλωδίου μεταξύ βαλβίδων ελέγχου (τις οποίες θα αναφέρουμε παρακάτω) και του κυλίνδρου.
- Το μέγεθος των βαλβίδων ελέγχου.

Η μέση ταχύτητα του εμβόλου χωρίς φορτίο είναι μεταξύ 100 - 500 mm / sec.

Ανάλογα με τη συχνότητα λειτουργίας και την απαιτούμενη ταχύτητα, πρέπει να επιλεγεί κατάλληλος τύπος και μέγεθος της βαλβίδας. Για την ασφαλή λειτουργία του κυλίνδρου η πρώτη δοκιμαστική χρήση πρέπει να γίνει χωρίς φορτίο.

3.4 Περιστροφικοί Ενεργοποιητές

Υπάρχουν πολλές εφαρμογές που απαιτούν περιστροφική κίνηση. Σε αυτές τις εργασίες προσφέρουν λύση οι περιστροφικοί ενεργοποιητές που παρέχουν περιστροφή έως 360 °. Χρησιμοποιούνται για περιστροφική μετακίνηση του υλικού.

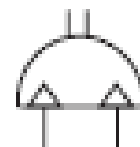


Εικόνα 3.16 Ένα τυπικός περιστροφικός ενεργοποιητής [25]

Οι πιο πρακτικοί πνευματικοί ενεργοποιητές χρησιμοποιούνται με μια παροχή πίεσης αέρα από 3 έως 8 bar. Σε γενικές γραμμές οι πνευματικοί ενεργοποιητές χρησιμοποιούνται για μια απλή, ακριβής περιστροφική κίνηση. Όπως και όλα τα πνευματικά δεν αποτελούν εστία πυρκαγιάς και μπορούν να λειτουργούν σε υψηλές θερμοκρασίες. Έχουν έναν κύκλο λειτουργίας 100%. Σε απαιτητικές εργασίες προσφέρουν ακόμα καλύτερα αποτελέσματα. Περιγράφεται κυρίως από την κινητική δύναμη που μπορεί να προσφέρει σε σχέση με την περιστροφή. Το κυρίως μειονέκτημα στους ενεργοποιητές είναι η μειωμένη ακρίβεια που εμφανίζεται όταν γίνεται χρήση, λόγω φαινομένου backlash. Στα πνευματικά στοιχεία στις περισσότερες περιπτώσεις το μηδενίζουν εσωτερικά οι εταιρίες παραγωγής. Στην εφαρμογή μας θα αποτελέσει το στοιχείο το οποίο θα μετακινεί περιστροφικά τον βραχίονα σε όσο το δυνατόν χαμηλή ταχύτητα περιστροφής.



Εικόνα 3.17 Πνευματικός Περιστροφικός Ενεργοποιητής



Εικόνα 3.18 Πνευματικό σύμβολο περιστροφικού ενεργοποιητή

Ερευνώντας τα φύλλα δεδομένων του περιστροφικού ενεργοποιητή που θα χρησιμοποιήσουμε συμπεραίνουμε ότι, το μέγιστο επιτρεπόμενο αξονικό φορτίο είναι 74N για πιέσεις προς τον ενεργοποιητή, 78N κατεύθυνση εκτός του ενεργοποιητή και 78N μέγιστο ακτινωτό φορτίο. Σημαντικό είναι να γνωρίζουμε και τη μέγιστη ροπή που στην περίπτωση μας αντιπροσωπεύει την ενέργεια που μεταφέρεται ή που αναλώθηκε σε κάθε γωνία περιστροφής, σύμφωνα με τα φύλλα δεδομένων είναι 2.4Nm (newton-metre).

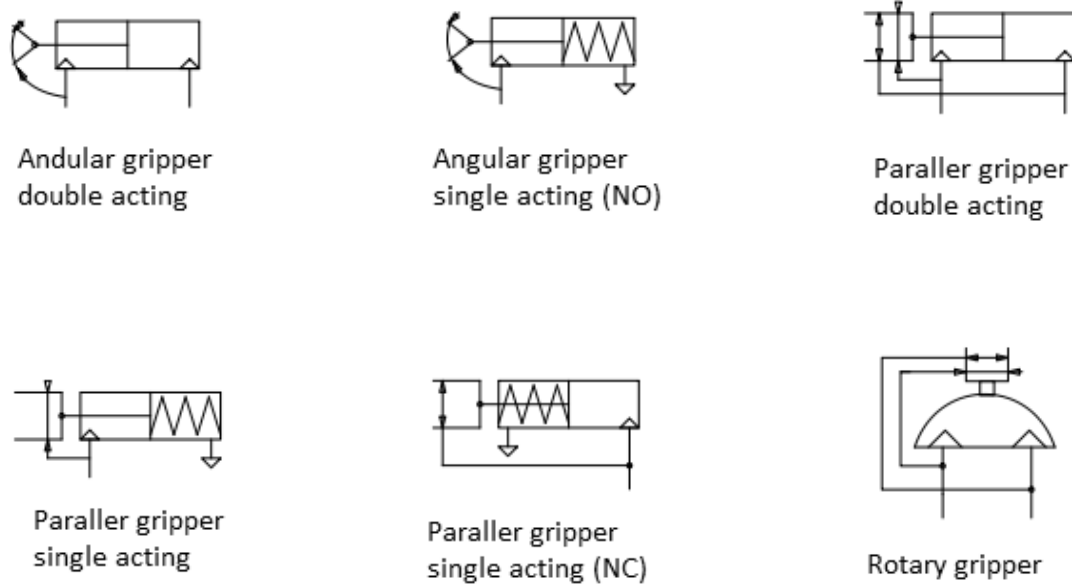
3.5 Πνευματικός Ενεργοποιητής Gripper

Ένας πνευματικός Gripper (πνευματική πένσα / άρπαγας) είναι μια ειδική κατασκευή πνευματικού οργάνου για την αρπαγή και συγκράτηση αντικειμένων.

Η κίνηση των “δακτύλων” του Gripper είναι είτε παράλληλη είτε γωνιακή, και ο συνδυασμός του με άλλα πνευματικά, ηλεκτρικά ή υδραυλικά εξαρτήματα χρησιμοποιείται για μεταφορά και τοποθέτηση αντικειμένων.

Η κατασκευή του Gripper διαφέρει ανάλογα με την χρήση του, ορισμένα δρουν απευθείας πάνω στο αντικείμενο με την δύναμη που τους παρέχει ο αέρας ενώ άλλα χρησιμοποιούν άλλους μηχανισμούς (γρανάζια, λάμες κτλ.) για να αυξήσουν την δύναμη που εφαρμόζετε στο αντικείμενο που αρπάζουν.

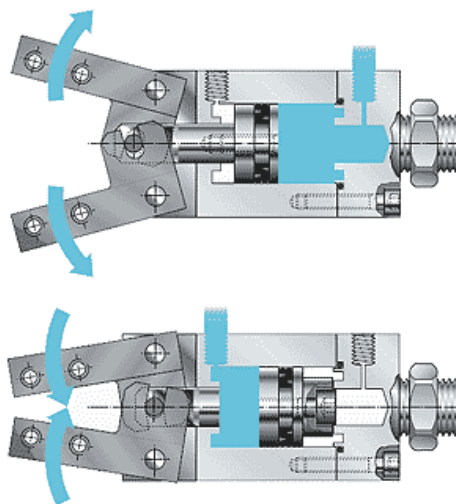
Διαφέρουν επίσης στο μέγεθος του ανοίγματος των δακτύλων, το ποσό της δύναμης που μπορεί να εφαρμοστεί και το σχήμα των επιφανειών των δακτύλων (σαγόνια, επίπεδα κτλ.). Χρησιμοποιούνται για να μετακινούν μικρά αντικείμενα (τρανζίστορ, ολοκληρωμένα κυκλώματα κτλ.) αλλά και μεγάλα αντικείμενα (κινητήρες αυτοκινήτων κτλ.), ή ενσωματώνονται συχνά σε βιομηχανικά ρομπότ για να μπορούν να αλληλεπιδρούν με αλλά αντικείμενα.



Εικόνα 3.19 Πνευματικά σύμβολα των Gripper

Ο συνήθης τρόπος με τον οποίο λειτουργεί ένας Gripper, αποτελείται από ένα έμβολο για να ανοίξει και να κλείσει τα δάχτυλα. Ο αέρας συμπιέζεται στο θάλαμο του εμβόλου μέχρι να έχει την κατάλληλη πίεση, ανάλογα με το μέγεθος του, ώστε να πραγματοποιηθεί η κίνηση. Πάντα ισχύει η ίδια αρχή $P \times A = F$ (Πίεση \times Επιφάνεια = Δύναμη).

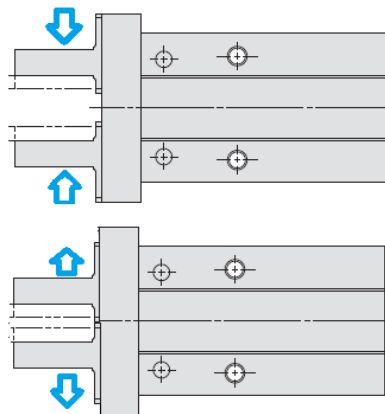
3.5.1 Γωνιακός Gripper



Εικόνα 3.20 Γωνιακός Gripper

Το έμβολο σε αυτό το είδος θα κάνουν τα δάκτυλα να κινούνται γύρω από έναν άξονα περιστροφής προκειμένου να πιάσει το αντικείμενο. Αυτό το είδος της αρπαγής μπορεί να παρέχει μια αρκετά μεγάλη δύναμη. Ωστόσο, εξαιτίας της λαβής μπορεί να «αρπάξει» ένα περιορισμένο μέγεθος. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος προστίθενται ένα ή και δύο δάκτυλα ακόμη.

3.5.2 Παράλληλος Gripper



Εικόνα 3.21 Παράλληλος Gripper

Σε αυτό το είδος Gripper η επιφάνεια των δακτύλων είναι παράλληλη σε όλη την κίνηση.

3.5.3 Επιλογή Πνευματικού Gripper

Η κατάλληλη επιλογή του Gripper γίνεται με βάση συγκεκριμένων χαρακτηριστικών του:

- Δύναμη Αρπαγής

Αντίστοιχα όπως τους πνευματικούς κυλίνδρους μπορούμε να επιλέξουμε την θεωρητική δύναμη της αρπαγής.

Στη δική μας περίπτωση υπολογίζοντας μέσω των σχέσεων 3.1 και 3.2 για τον πνευματικό παράλληλο Gripper MHZ-20D:

$$D = 4 \text{ cm}$$

$$d = 2 \text{ cm}$$

$$P = 5 \text{ Bar (παράδειγμα στα 5 Bar)}$$

$$F = \left\{ \frac{3,14}{4} x 4^2 x 5 \right\} = 62,8 \text{Kg} \text{ Μέγιστη Δύναμη αρπαγής}$$

(θεωρητικά στα 0,5 Mpa= 5Bar πίεσης)

$$F = \left\{ \frac{3,14}{4} x (4^2 - 2^2) x 5 \right\} = 47,1 \text{Kg} \text{ Δύναμη επαναφοράς στην ανοιχτή θέση}$$

- Βασικό κριτήριο είναι η απόσταση μεταξύ των άκρων στην κλειστή ή ανοικτή θέση. Δηλαδή στην ουσία πρόκειται για τα μέγιστα μεγέθη σε πλάτος που μπορεί να «αρπάξει».

Στην περίπτωση του MHZ-20D: Η Απόσταση «αρπαγής» είναι 1.6 cm, όταν κλίνουν τα άκρα. Και 2.6 cm όταν είναι ανοικτά τα άκρα.

- Κριτήριο στην επιλογή είναι και το βάρος του εργαλείου, δηλαδή του Gripper.
Στην περίπτωση του MHZ-20D: Ζυγίζει 270 gr

Συμπέρασμα

Οι πνευματικοί Gripper είναι μία ιδανική και οικονομική λύση στο να «αρπάξουν» μεγάλου βάρους αντικείμενα, χρησιμοποιώντας την πίεση του αέρα.

Με βάση την λειτουργία που πρέπει να εκτελέσουν οι Gripper σχεδιάζονται με τα κατάλληλα δάκτυλα. Το χαρακτηριστικό αυτό όμως αποτελεί το σημαντικότερο μειονέκτημα τους, αυτό γιατί για κάθε διαφορετικό αντικείμενο θα πρέπει να σχεδιαστεί ένα διαφορετικό Gripper.

Το πλεονέκτημα σε αυτό το χαρακτηριστικό έχουν οι ελεγχόμενοι ηλεκτροκινητήρες, οι οποίοι είναι προσαρμόσιμοι και μπορούν να «αρπάξουν» μεγαλύτερο εύρος σχημάτων των αντικειμένων.

Καταλήγοντας σε αυτό το κεφάλαιο, λόγω της συνδεσμολογίας που επιλέχθηκε των πνευματικών στοιχείων, το μέγιστο επιτρεπόμενο βάρος που μπορεί να αντεπεξέλθει η κατασκευή είναι 5kg. Αυτό λόγω του περιστροφικού ενεργοποιητή του οποίου το μέγιστο βάρος είναι 74-78 Newton και επίσης του βάρους της κατασκευής, του οποίου είναι περίπου 3 Kg.

3.6 Πλεονεκτήματα Πνευματικών

Το σημαντικότερο των πνευματικών στοιχείων βασίζεται στο ότι δεν υπάρχει κάποιο κόστος παραγωγής αφού η παροχή γίνεται μέσω τις ατμόσφαιρας. Επιπλέον, η χρήση του συμπιεσμένου αέρα δεν περιορίζεται από την απόσταση, καθώς μπορεί εύκολα να μεταφερθεί μέσω σωλήνων. Μετά τη χρήση, ο πεπιεσμένος αέρας μπορεί να απελευθερώνεται απευθείας στην ατμόσφαιρα, χωρίς την ανάγκη της επεξεργασίας.

Μπορούμε να ελέγχουμε εύκολα τον όγκο και την πίεση αφού μπορεί εύκολα να ρυθμιστεί με ένα ρυθμιστή πίεσης. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να ελέγχουμε και την ταχύτητα του. Η μεγάλη ταχύτητα στην κίνηση είναι χαρακτηριστικό τους.

Τα εξαρτήματα πεπιεσμένου αέρα είναι πολύ ανθεκτικά και δεν μπορούν να καταστραφούν εύκολα, σε σύγκριση με ηλεκτροκινούμενα εξαρτήματα. Ο σχεδιασμός των εξαρτημάτων πεπιεσμένου αέρα είναι σχετικά απλός. Για αυτό τον λόγο είναι κατάλληλοι για χρήση σε απλά συστήματα αυτόματου ελέγχου.

Σε σύγκριση με τα στοιχεία των άλλων συστημάτων, ο πεπιεσμένος αέρας επηρεάζεται λιγότερο από την υψηλή θερμοκρασία, σκόνη, διάβρωση κλπ. Είναι πιο ασφαλή από ό,τι τα συστήματα ηλεκτροκίνησης, επειδή μπορεί να λειτουργήσουν σε εύφλεκτο περιβάλλον, χωρίς να αποτελεί εστία πυρκαγιάς ή έκρηξης (-20~200 °C). Μια υπερφόρτωση στο πνευματικό σύστημα θα οδηγήσει σε ολίσθηση ή παύση της λειτουργίας.

Η λειτουργία των συστημάτων πεπιεσμένου αέρα δεν παράγουν ρύπους. Ως εκ τούτου, τα πνευματικά συστήματα μπορούν να εργαστούν σε περιβάλλον που απαιτούν υψηλό επίπεδο καθαριότητας. Ένα παράδειγμα είναι οι γραμμές παραγωγής ολοκληρωμένων κυκλωμάτων.

Τα εξαρτήματα πεπιεσμένου αέρα δεν είναι ιδιαίτερα ακριβά, αν αναλογιστούν και συγκριθούν με τις αντοχές των υπόλοιπων συστημάτων και το κόστος συντήρησης είναι αρκετά χαμηλό.

3.7 Μειονεκτήματα Πνευματικών

Μολονότι τα πνευματικά συστήματα διαθέτουν πολλά πλεονεκτήματα , υπόκεινται σε πολλούς περιορισμούς.

Καθώς το σύστημα μπορεί να θερμαίνεται, ο όγκος του αέρα, όπως γνωρίζουμε από την φυσική, θα αλλάξει. Έτσι από την στιγμή που το σύστημα τροφοδοτείται μόνο από την δύναμη του αέρα, η παροχή μπορεί να μην είναι ακριβής, προκαλώντας μια μείωση στη συνολική ακρίβεια του συστήματος. Έτσι τα έμβολα να έχουν διαφορετική ταχύτητα ή ακόμα και άνιση ταχύτητα με το συνολικό σύστημα. Η εφαρμογή του βραχίονα βρίσκει εδώ μειονέκτημα στον έλεγχο της θέσης, καθώς υπάρχει δυσκολία τερματισμού της κίνησης.

Πριν την χρήση του πεπιεσμένου αέρα πρέπει να υποβάλλεται σε επεξεργασία ώστε να εξασφαλιστεί η απουσία υδρατμών ή σκόνης. Σε αντίθετη περίπτωση, τα κινούμενα τμήματα μπορεί να φθείρονται γρήγορα λόγω της τριβής.

Καθώς οι κύλινδροι των εξαρτημάτων πεπιεσμένου αέρα δεν έχουν μεγάλο μέγεθος, δεν μπορεί να οδηγήσουν πολύ βαρύ φορτίο (μέγιστο φορτίο 1 τόνο)

Ένα ακόμα μειονέκτημα των πνευματικών είναι ότι παράγεται ένας θόρυβος που οφείλεται στην απελευθέρωση του πεπιεσμένου αέρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΒΑΛΒΙΔΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ

Οι βαλβίδες ελέγχου διασφαλίζουν τη ροή του αέρα μεταξύ των θυρών αέρα. Αποτελούνται από το κινούμενο μέρος το οποίο συνδέει και αποσυνδέει τις εσωτερικές συνδέσεις τους. Η ταξινόμησή τους καθορίζεται από τον αριθμό των θυρών, τον αριθμό των θέσεων, την κανονική θέση της βαλβίδας και τη μέθοδο λειτουργίας του.

Κάθε βαλβίδα παρέχει δύο ή περισσότερες χρησιμοποιήσιμες θέσεις, κάθε θέση παρέχει μια ή περισσότερες πορείες ροής. Το σύμβολο της δημιουργείται από μια σειρά ορθογωνίων, ένα για κάθε χρησιμοποιήσιμη θέση της βαλβίδας. Πάντα ακολουθείται από την λειτουργία που πραγματοποιεί 2/2, 3/2, 5/2 κτλ.

Το πρώτο νούμερο αποτελεί τον αριθμό των κυρίων θυρών εισόδων, εξόδων και της θύρας ανακούφισης. Το δεύτερο μέρος αποτελεί τον αριθμό των καταστάσεων-θέσεων που μπορεί να κινηθεί.



Εικόνα 4.1 Βαλβίδα ελέγχου 5/2

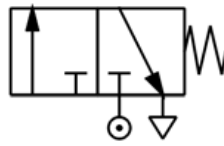
Για παράδειγμα μια βαλβίδα ελέγχου 5/2

Αποτελείται από 5 θύρες που μπορεί να είναι είσοδοι, έξοδοι ή ανακούφισης του αέρα και δύο θέσεων λειτουργίας.

4.1 Πορείες Ροής

Βέλη "↓" "↗" χρησιμοποιούνται για να υποδείξουν την κατεύθυνση της ροής του ρεύματος αέρα. Εάν η εξωτερική θύρα δεν συνδέεται με τα εσωτερικά μέρη, το σύμβολο "T" χρησιμοποιείται. Το σύμβολο "○" αντιπροσωπεύει την είσοδο του αέρα, ενώ το σύμβολο "▽" αντιπροσωπεύει την εξάτμιση.

Για παράδειγμα:



Εικόνα 4.2 Βαλβίδα ελέγχου 3/2 (κανονικά κλειστή)

Παρατηρούμε ότι η βαλβίδα ελέγχου στην εικόνα 4.2, αποτελείται από τρεις θύρες, με δύο θέσεις λειτουργίας. Επίσης ως αρχική κατάσταση είναι κλειστή η είσοδος του αέρα, που σημαίνει το πνευματικό στοιχείο που ελέγχεται από αυτή την βαλβίδα αρχικά δεν δέχεται αέρα, οπότε θα απελευθερώνει ότι αέρα υπάρχει μέσω της θύρας ανακούφισης ∇ . Μόλις μετακινηθεί η βαλβίδα ελέγχου με κάποιο τρόπο (μέσω ηλεκτρικών, μηχανικών ή πνευματικών ενεργοποιητών) στην επόμενη θέση του θα προστεθεί αέρας στο πνευματικό στοιχείο μέσω της πρώτης θύρας (αριστερά) και η θύρα ανακούφισης θα απενεργοποιηθεί. Τέλος παρατηρούμαι ότι η επαναφορά γίνεται με ελατήριο καθώς το σχήμα (M) αναπαριστά ένα ελατήριο.



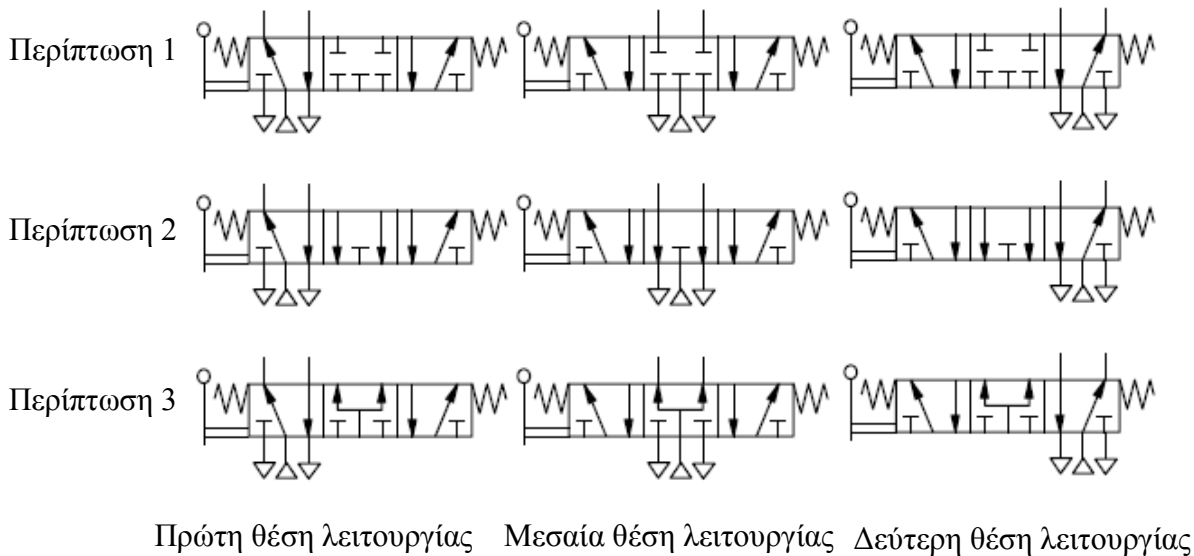
Εικόνα 4.3 Ενεργοποιητής με ελατήριο

Θα μπορούσε εύκολα αυτού του τύπου βαλβίδα ελέγχου να αποτελεί τον έλεγχο ενός μονούς ενέργειας κυλίνδρου.

4.2 Βαλβίδα Ελέγχου 5/3

Η τριών θέσεων βαλβίδα από τις τρεις θέσεις καταστάσεων και τις πέντε θύρες. Έχει μια αρχική κεντρική κατάσταση.

Η κεντρική θέση ποικίλλει ανάλογα με τον τύπο τις βαλβίδας. Τρεις τύποι πρέπει να αναφερθούν:



Εικόνα 4.4 Παράδειγμα θέσεων ηλεκτροπνευματικής βαλβίδας 5/3

Η αρχική κατάσταση λειτουργίας είναι η μεσαία θέση και αυτό επιτυγχάνεται με τα ελατήρια ή όπως είναι το παράδειγμα μέσω του μοχλού.

1. Στη πρώτη περίπτωση όλες οι θύρες σφραγίζονται άρα δεν υπάρχει ροή αέρα στο πνευματικό στοιχείο και επομένως θα μείνει ακίνητο. Μόλις μέσω των ενεργοποιητών μεταβεί στην πρώτη θέση λειτουργίας (αριστερά), η παροχή αέρα θα μπορέσει να τροφοδοτήσει το πνευματικό. Αντίθετη κίνηση θα πραγματοποιηθεί μόλις ενεργοποιηθεί η δεύτερη θέση λειτουργίας (δεξιά).
2. Στη Δεύτερη περίπτωση οι θύρες εξόδου του πνευματικού συνδέονται με την εξάτμιση, η διαφορά έγκειται ότι στην μεσαία κατάσταση το πνευματικό συνδέεται με την εξάτμιση άρα και επιστρέφει στην αρχική του κατάσταση.
3. Ενώ στην τρίτη περίπτωση η παροχή αέρα στις εξόδους σφραγίζεται, η λειτουργία της εξάτμισης είναι σφραγισμένη.

Ανάλογα με την εφαρμογή, και τις κινήσεις που απαιτούνται επιλέγεται και ο τύπος βαλβίδας ελέγχου.

4.3 Επιλογή Βαλβίδων Ελέγχου

Εσωτερική κατασκευή και άλλα χαρακτηριστικά των βαλβίδων [24,26] :

- Ο τρόπος ενεργοποίησης της που απαιτείται (σωληνοειδές, μηχανικές ή πνευματικές)
- Ο χρόνος απόκρισης της βαλβίδας.
- Απαίτηση πνευματικής ροής ανάλογα με το μέγεθος του ενεργοποιητή και την ταχύτητα της κίνησης. Και η πίεση του αέρα που είναι διαθέσιμη.
- Ο τύπος σύνδεσης
- Αριθμός θέσεων (δύο ή τριών κλπ.)
- Λειτουργικότητα όπως 2/2, 3/2, 5/2, 5/3 (κανονικά ανοικτές επαφές ή κλειστές κλπ.)

4.3.1 Ενεργοποιητές

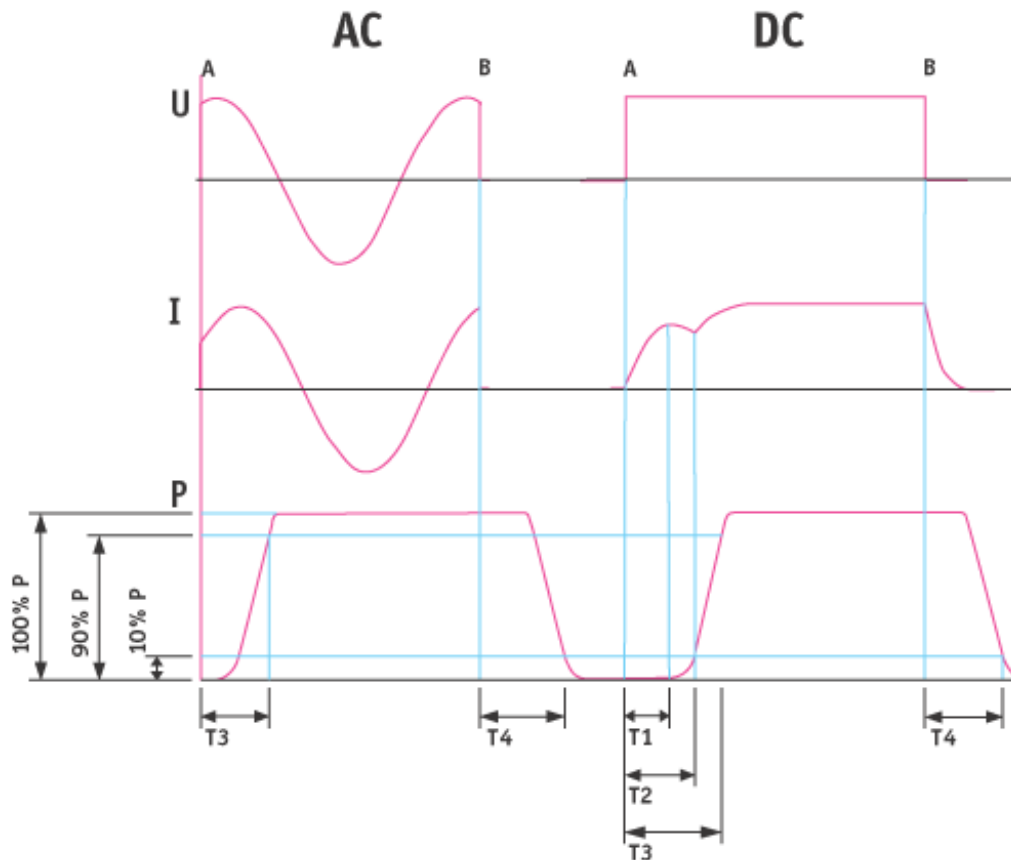
Καθώς η ενεργοποίηση των βαλβίδων θα γίνεται με την παροχή ενός ηλεκτρικού σήματος. Αυτό απαιτεί η εφαρμογή του ηλεκτροπνευματικού βραχίονα άρα θα χρησιμοποιηθεί σωληνοειδή βαλβίδα, και η ενεργοποίηση θα πραγματοποιείται μέσω ενός πηνίου που θα ενσωματώνεται στο σώμα της βαλβίδας.

4.3.2 Χρόνος Απόκρισης

Ο χρόνος απόκρισης της σωληνοειδούς βαλβίδας είναι ο χρόνος που χρειάζεται η βαλβίδα μετά την είσοδο του ηλεκτρικού σήματος μέχρι έξοδο του αέρα.

Συγκεκριμένα χρόνος ενεργοποίησης είναι ο χρόνος που απαιτείται μετά το είσοδο του σήματος μέχρι η πίεση στην έξοδο να φτάσει στο 90%. Χρόνος απενεργοποίησης αντίθετα είναι ο χρόνος που απαιτείται ώστε η πίεση φτάσει στο 10%.

Για συνεχές κινήσεις θα πρέπει να λάβουμε υπόψη την ταχύτητα του πλήρους κύκλους της σωληνοειδούς βαλβίδας. Δηλαδή δεν πρέπει η βαλβίδα να αλλάζει κατάσταση πριν η πίεση φτάσει το 90% ή άνω του 10% στην απενεργοποίηση.



Εικόνα 4.5 Διάγραμμα χρόνων απόκρισης σωληνοειδούς βαλβίδας ελέγχου [30]

- | | |
|----------------------|---|
| A: Σήμα διακόπτη On | T ₁ : Χρόνο επαγωγής του πηνίου μετά το T ₁ |
| B: Σήμα διακόπτη Off | T ₂ : Τέλος δράσης |
| U: Τάση | T ₃ : Χρόνος ενεργοποίησης πνευματικού |
| I: Ρεύμα | T ₄ : Χρόνος απενεργοποίησης πνευματικού |
| P: Πίεση | |

Χρησιμοποιώντας DC τάση όπως απαιτεί η εφαρμογή. Παρατηρούμε ότι χρειάζεται ένα χρόνο T₁ ώστε να ενεργοποιηθεί το πηνίο.

Τον κύκλο λειτουργίας τον περιγράφει η παρακάτω σχέση:

$$CycliningRate = \frac{60sec}{T3+T4} \quad (\text{Σχέση 4.1})$$

4.3.3 Συντελεστής Ροής C_v για Αέρα

Όπως μελετήθηκε από [24], ο συντελεστής ροής μας επιτρέπει να συγκρίνουμε τις βαλβίδες ως προς τα μεγέθη τους, τους διάφορους τύπους και κατασκευαστές. Προσδιορίζεται πειραματικά και εκφράζει την ικανότητα της βαλβίδας να προωθήσει το μέσο με το οποίο γίνεται η ενέργεια .

Για να προσδιοριστεί θεωρητικά πρέπει να γνωρίζουμε:

d = Διάμετρος του βάλκτρου σε cm.

L = Διαδρομή του εμβόλου σε cm.

P = Πίεση του αέρα σε Bar.

T = Απαιτούμενος χρόνος διαδρομής.

M= Παράγοντας συμπίεσης ανάλογα της πίεσης(πίνακας).

B= Επιφάνεια κυλίνδρου

C=Συντελεστής Συμπίεσης

$$C_v = \frac{BxdxMxC}{475xT} \quad (\text{Σχέση 4.2})$$

Πίεση Εισόδου	Συντελεστής Συμπίεσης	"M" Συντελεστής
1	2.0	0.092
2	3.0	0.072
3	4.0	0.062
4	5.1	0.054
5	6.0	0.049
6	7.1	0.045
7	8.0	0.042
8	9.2	0.039
9	10.3	0.038
10	11.2	0.036

Πίνακας 4.6 Συντελεστής Συμπίεσης - M παράγοντας [24]

Παράδειγμα της εφαρμογής μας γνωρίζοντας τον κύλινδρο υπολογίζοντας μέσω της σχέσης 4.2, [24]:

$$d = 3.2 \text{ cm}$$

$$L = 15 \text{ cm.}$$

$T = 1 \text{ sec}$ (Η κίνηση δεν πειράζει να είναι αργή καθώς θέλουμε να τις παρακολουθούμε)

$P = 5 \text{ Bar}$ (ενδεικτικά)

$$C = 6.0$$

$$M = 0.049$$

$$B = \pi r^2 = 3,14 \times 2^2 = 12.5 \text{ cm}^2$$

$$C_v = \frac{B \times d \times C \times M}{475 \times T} = \frac{12.5 \times 15 \times 6 \times 0.049}{475} = 0,11$$

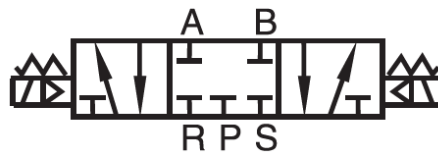
Οπότε επιλέγοντας βαλβίδα με C_v μεγαλύτερο το 0,11 θα είναι αποτελεσματική.

4.3.4 Λειτουργικότητα Βαλβίδας Ελέγχου

Για την κατάλληλη επιλογή της βαλβίδας θα πρέπει να αναλογιστούμε τις κινήσεις που πρέπει να κάνει η εφαρμογή. Στη περίπτωση του πνευματικού βραχίονα θα πρέπει η κίνηση που θα κάνει να είναι διπλή και ελεγχόμενη. Δηλαδή καθώς εκτονώνεται πχ ο πνευματικός κύλινδρος να σταματήσει την κίνηση τη στιγμή που αφήσουμε τον έλεγχο, στην περίπτωση αυτή το χειριστήριο. Αντίστοιχα στην επιστροφή του κυλίνδρου. Καθώς επιστρέφει ο κύλινδρος στην βάση του, οποιαδήποτε στιγμή να υπάρχει η δυνατότητα να σταματήσουμε την κίνηση αυτή και να παραμείνει ακίνητο στο χώρο του.

Η ενεργοποίηση της βαλβίδας θα γίνεται με ηλεκτρικό σήμα και άρα θα χρησιμοποιήσουμε σωληνοειδή ηλεκτροβαλβίδες με ανάλογο χρόνο απόκρισης όπως αναφέρθηκε. Στις οποίες για την κάθε κίνηση ξεχωριστά θα ενεργοποιείται ξεχωριστό πηνίο. Ένα για την εκτόνωση και ένα για την επιστροφή.

Με αυτά τα δοσμένα χαρακτηριστικά και μετά από μελέτη καταλήγουμε ότι απαιτείται η χρήση μια βαλβίδας 5/3. Δηλαδή 5 θυρών και 3 θέσεων με ενδιάμεση κατάσταση, χωρίς την είσοδο του σήματος στο πηνίο της βαλβίδας, την αδρανοποίηση όλων των το θυρών, και της εισαγωγής και της εξαγωγής του αέρα.



Εικόνα 4.7 Ηλεκτροβαλβίδα 5/3 ενδιάμεση κατάσταση κλειστή



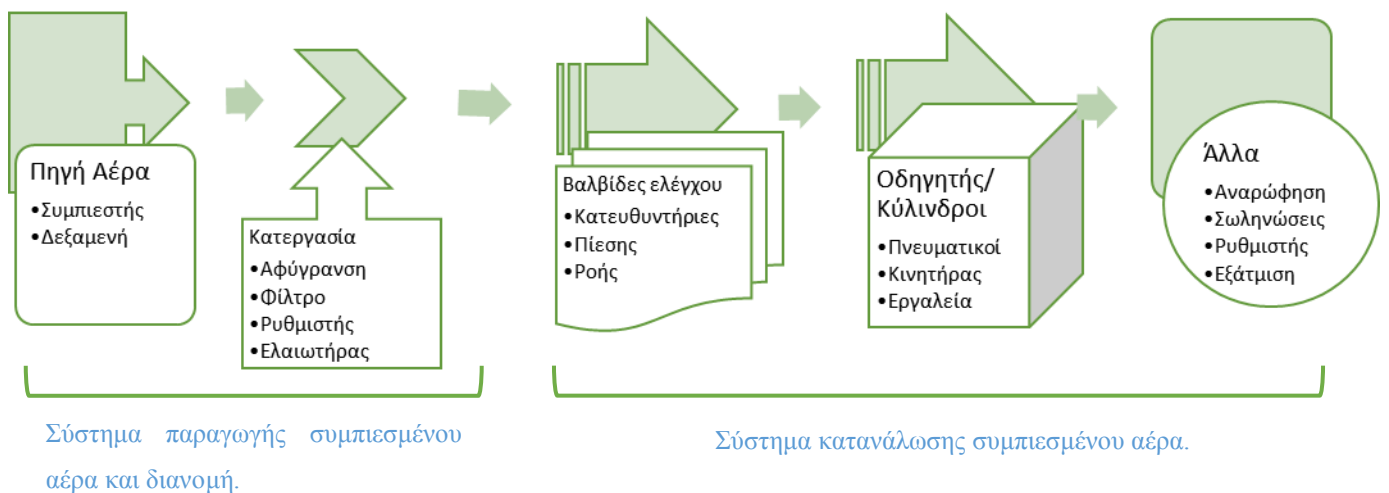
Εικόνα 4.8 Ηλεκτροβαλβίδα Ρομποτικού Βραχίονα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5:

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

5.1 Σχεδιάγραμμα Συστήματος

Σχεδιάζοντας το πνευματικό σύστημα, κάνουμε ένα σχεδιάγραμμα για τα υλικά που θα χρησιμοποιήσουμε.



Εικόνα 5.1 Σχεδιάγραμμα πνευματικού συστήματος [2]

Αποτελείται από το σύστημα παραγωγής συμπιεσμένου αέρα, για παράδειγμα ο συμπιεστής. Η διανομή του αέρα γίνεται από τις σωληνώσεις, αφού επεξεργαστεί ο αέρας. Έτσι, μέσω των σωληνώσεων μεταφέρεται στο σύστημα κατανάλωσης του συμπιεσμένου αέρα. Σε αυτήν την βαθμίδα ανήκουν οι βαλβίδες ελέγχου, οι πνευματικοί κύλινδροι, οι ρυθμιστές, η εξάτμιση και πιθανόν όποιες άλλες σωληνώσεις που οδηγούν σε επόμενη βαθμίδα κατανάλωσης του συμπιεσμένου αέρα.

Για την διασύνδεση των υλικών με την μονάδα παροχής συμπιεσμένου αέρα, χρησιμοποιήθηκε ένας χάλκινος πνευματικός διαμοιραστής πέντε δρόμων. Μέσω του διαμοιραστή, ο αέρας μεταφέρεται σε όλα τα πνευματικά στοιχεία. Έτσι, επιλέγοντας ένα μόνο τέτοιο υλικό, μειώνονται οι πιθανότητες για περισσότερες διαρροές αλλά και το βάρος της κατασκευής.

Για καλύτερο έλεγχο του κάθε κυλίνδρου στην επέκταση και υπαναχώρηση, και του πνευματικού Gripper, πάνω στις ηλεκτροπνευματικές βαλβίδες έχουμε από δύο ρυθμιστικά ανακούφισης του αέρα, με σιγαστήρα. Με αυτό τον τρόπο ισορροπούμε και τις τυχόν διαφορές στην κατανομή του αέρα μεταξύ των υλικών.

5.2 Διαρροές Αέρα

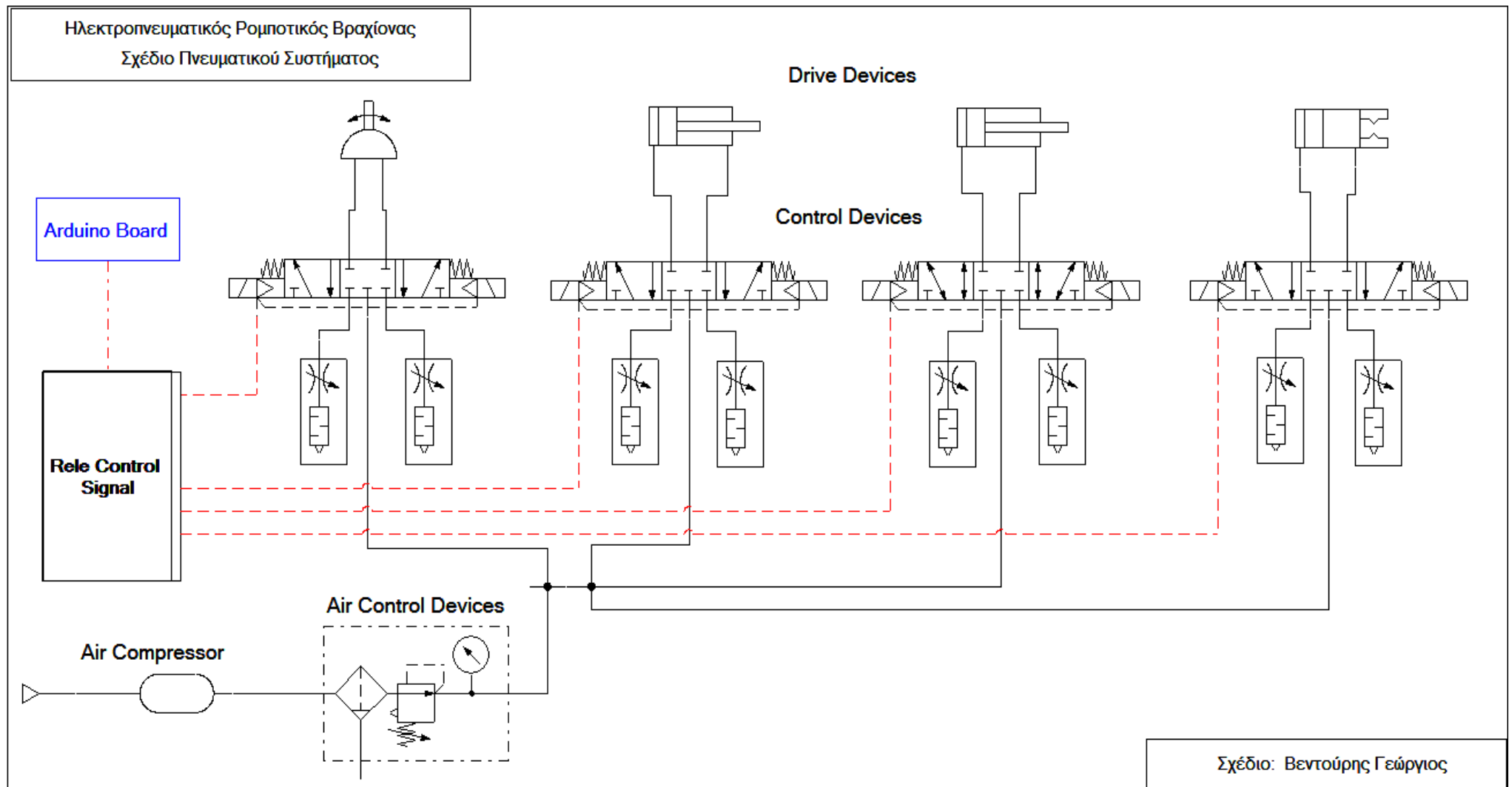
Κάποια βασικά προβλήματα που θα μπορούσαν να δημιουργηθούν κατά την συναρμολόγηση, είναι απώλεια πίεσης λόγω διαρροών, ή και απώλεια πίεσης λόγω των σωληνώσεων.

Για να αποφευχθούν αυτά τα προβλήματα χρησιμοποιείται ταινία τεφλόν για όλα τα αρσενικά εξαρτήματα, ώστε να σφραγιστούν σωστά. Μόλις οι πνευματικές συνδέσεις και ηλεκτρικές διασυνδέσεις έχουν γίνει, το σύστημα πρέπει να ελεγχθεί. Η πίεση του αέρα πρέπει να έχει τις αναμενόμενες τιμές, αναγραφόμενες στον ρυθμιστή και θα πρέπει να παραμένει ανέπαφη στο σύστημα, χωρίς να ενεργοποιηθούν οι βαλβίδες. Αλλιώς πρέπει η κατασκευή να ελεγχθεί για διαρροές. Συνήθως τέτοιες διορθώσεις μπορούν να γίνουν με την επανεφαρμογή Τεφλόν στις συνδέσεις.

Ένα σύστημα σωληνώσεων με απότομη κλίση μπορεί να προκαλέσει απώλεια πίεσης. Για τον λόγο αυτό οι σωληνώσεις, πρέπει να είναι όσο το δυνατόν σε ευθεία και να είναι ευέλικτες σε μικρές αλλαγές στην κλίση. Όσο τον δυνατόν λιγότερες συνδέσεις τόσες και λιγότερες διαρροές μπορούν να προκύψουν. Επίσης, σωληνώσεις πολύ μικρές σε μήκος, δεν αποτελούν αξιόπιστη σύνδεση.

5.3 Διάταξη Πνευματικού Συστήματος

Το σχέδιο στην εικόνα 5.2, δείχνει την διάταξη του πνευματικού συστήματος. Ο πεπιεσμένος αέρας παρέχεται από τον αεροσυμπιεστή και τον αποθηκευμένο αέρα στην δεξαμενή συσσώρευσης αέρα. Ο αέρας διαμέσου του συστήματος κατεργασίας του αέρα (φίλτρο, ρυθμιστής πίεσης, λιπαντήρας) περνά στον διαμοιραστή. Το σύστημα κατεργασίας αέρα όπως αναφέραμε, διασφαλίζει την ασφάλεια του συστήματος.



Εικόνα 5.2 Σχέδιο Πνευματικού Συστήματος

Η ένδειξη της πίεσης στον ρυθμιστή, επιτρέπει στον χειριστή να ρυθμίσει την απαιτούμενη πίεση.

Οι βαλβίδες ελέγχου κατεύθυνσης, ενεργοποιούνται με το σήμα που προέρχεται από τα ρελέ. Αυτές οι βαλβίδες είναι σωληνοειδές ηλεκτροβαλβίδες πέντε εισόδων/εξόδων αέρα, τριών θέσεων (5/3), με κλειστή την μεσαία κατάσταση. Η σταθεροποίηση μεσαίας κατάστασης, γίνεται με εσωτερικά ελατήρια.

Επόμενη διάταξη είναι οι πνευματικοί ενεργοποιητές. Η πρώτη ηλεκτροβαλβίδα είναι αυτή που ελέγχει τον περιστροφικό ενεργοποιητή. Η δεύτερη και η τρίτη, τους δύο διπλής ενεργείας κυλίνδρους. Και η τέταρτη είναι αυτή που ελέγχει τον πνευματικό άρπαγα.

Όλες οι εξοδοί αέρα των ηλεκτροβαλβίδων είναι συνδεδεμένες με μία βαλβίδα που αποτελείται από έναν ρυθμιστή και έναν σιγαστήρα. Ο ρυθμιστής χρησιμοποιείται για τον έλεγχο του εξαγόμενου αέρα, και ο σιγαστήρας για την μείωση του θορύβου κατά την διάρκεια της λειτουργίας αλλά και στην παρεμπόδιση εισόδου σκόνης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΛΑΚΕΤΑ ARDUINO

6.1 Δυνατότητες

Το Arduino είναι μία ανοιχτού κώδικα πλατφόρμα ηλεκτρονικών πρωτοτύπων βασισμένο σε ένα ευέλικτο στη χρήση υλικό και λογισμικό.

Πρόκειται για μία ανοιχτού κώδικα πλατφόρμα “προτυποποίησης”, ένα εργαλείο με το οποίο μπορούμε να κατασκευάσουμε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή που μπορεί να αισθανθεί το φυσικό περιβάλλον. Ως δεδομένα εισόδου δέχεται από διάφορους αισθητήρες, αντιδρά με βάση τον προγραμματισμό που έχει φορτωθεί στο chip με τη βοήθεια του υπολογιστή και μπορεί να επηρεάσει το περιβάλλον του με τον έλεγχο φώτων, κινητήρων και άλλων ενεργοποιητών.

Βασίζεται σε έναν ενσωματωμένο μικροελεγκτή ATmega, αποτελείται από το Java περιβάλλον ανάπτυξης για τη συγγραφή λογισμικού (βασισμένο στο περιβάλλον προγραμματισμού της Processing), προγραμματίζεται χρησιμοποιώντας τη γλώσσα προγραμματισμού Arduino (βασισμένη στη γλώσσα προγραμματισμού Wiring) η οποία είναι αρκετά εύκολη στη σύνταξη.

Η πλακέτα μπορεί να κατασκευαστεί ή να αγοραστεί προπαρασκευασμένη. Το λογισμικό διανέμεται δωρεάν και διατίθεται σε πλατφόρμες Linux, MAC και Windows με άδεια χρήσης GPL.

Τα σχέδια μπορούν να σταθούν ως stand-alone προγράμματα, ή να μπορούν να επικοινωνούν με το λογισμικό που τρέχει σε έναν υπολογιστή (π.χ. Flash, Processing, MaxMSP).

6.2 Γιατί Επιλέξαμε Arduino

Υπάρχουν πολλές πλατφόρμες μικροελεγκτή που διατίθενται όπως Parallax Basic Stamp, Netmedia του BX-24, Phidgets, Handyboard του MIT, και πολλοί άλλοι που προσφέρουν παρόμοια λειτουργικότητα. Το Arduino απλοποιεί τη διαδικασία της εργασίας με μικροελεγκτές, αλλά προσφέρει κάποιο πλεονέκτημα στους ενδιαφερόμενους σε σχέση με άλλα συστήματα

Χρησιμοποιείται σε εφαρμογές ρομποτικής και γενικότερα σε αυτοματισμούς όπως: την κίνηση servo, stepper και DC κινητήρων, τη λήψη πληροφοριών από διάφορους αισθητήρες (θερμοκρασίας, υγρασίας, υπερύθρων κ.α.), την αμφίδρομη σειριακή επικοινωνία μεταξύ Arduino και Η/Υ χρησιμοποιώντας γλώσσες προγραμματισμού (όπως Java και python), όπως επίσης την αναπαραγωγή και αντίληψη ήχων.

Η πλακέτα μέχρι αυτή τη στιγμή διατίθεται σε πολλές παραλλαγές οι οποίες αναφέρονται σε διαφορετικές χρήσεις η κάθε μια, ανάλογα με τις ανάγκες της εφαρμογής μας.

Πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλα συστήματα:

Οι πλακέτες είναι σχετικές φθηνές σε σύγκριση με άλλες πλατφόρμες μικροελεγκτή. Ακόμα και κάποιες προ-συναρμολογημένες κοστίζουν λιγότερο από 30 €.

Υποστήριξη πολλαπλών λειτουργικών συστημάτων. Το λογισμικό τρέχει σε Windows, Macintosh OSX, και Linux. Τα περισσότερα συστήματα μικροελεγκτή περιορίζονται στα Windows.

Το περιβάλλον προγραμματισμού είναι εύκολο στη χρήση. Δημοσιεύεται και διατίθεται δωρεάν για επέκταση από έμπειρους προγραμματιστές. Η γλώσσα μπορεί να επεκταθεί μέσω των βιβλιοθηκών της C και υπάρχει η δυνατότητα να προσθέσουμε πρόγραμμα σε γλώσσα C απευθείας στο Arduino.

Βασίζεται σε μικροελεγκτές της Atmel. Τα σχέδια κυκλώματος της πλακέτας (αρχεία CAD) διατίθεται με άδεια χρήσης άδεια ανοιχτού κώδικα Creative Commons, που σημαίνει ακόμα και σχετικά άπειροι χρήστες μπορούν να κάνουν τη δική τους εκδοχή της

μονάδας προκειμένου να κατανοήσουν πώς λειτουργεί και να εξοικονομήσουν χρήματα αλλά ακόμα και έμπειροι μπορούν να την επεκτείνουν ή να την βελτιώσουν.

6.3 AVR Αρχιτεκτονική- Μικροελεγκτής ATmega2560

«Οι μικροελεγκτές AVR χρησιμοποιούν τροποποιημένη Αρχιτεκτονική Χάρβαρντ 8-bit RIS και αναπτύχθηκαν από την Atmel για πρώτη φορά το 1996. Η AVR ήταν μια από τις οικογένειες μικροελεγκτών που έκαναν χρήση της on-chip μνήμης flash για την αποθήκευση του προγράμματος, σε αντίθεση με τις προγραμματιζόμενες ROM, EPROM ή EEPROM που χρησιμοποιούνται από άλλους μικροελεγκτές» [31].

Τις περισσότερες διαφορές ανάμεσα στα χαρακτηριστικά των μικροελεγκτών ATmega βρίσκονται κυρίως στο μέγεθος της μνήμης και των αριθμών των pins.

Device	Flash	EEPROM	RAM	General Purpose I/O pins	16 bits resolution PWM channels	Serial US ARTs	ADC Channels
ATmega640	64KB	4KB	8KB	86	12	4	16
ATmega1280	128KB	4KB	8KB	86	12	4	16
ATmega1281	128KB	4KB	8KB	54	6	2	8
ATmega2560	256KB	4KB	8KB	86	12	4	16
ATmega2561	256KB	4KB	8KB	54	6	2	8

Πίνακας 6.1 Σύγκριση Μικροελεγκτών ATmega

Αναζητώντας τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου chip ATmega2560 και τις πλακέτας Arduino Mega στην επίσημη σελίδα της εταιρίας [40]. Θα αναγνωρίσει τα εξής χαρακτηριστικά τα οποία μας ενδιαφέρουν για την επιλογή της πλακέτας, πάντα με βάση τις απαιτήσεις της εργασίας που πρέπει να πραγματοποιηθεί.

Μνήμη

Η ATmega2560 έχει 256 Kb μνήμη flash για την αποθήκευση κώδικα, εκ των οποίων 8 Kb χρησιμοποιούνται από το bootloader του Arduino που έχει εγκαταστήσει ήδη ο κατασκευαστής του. Το bootloader είναι το firmware που είναι απαραίτητο για την εγκατάσταση των προγραμμάτων στον μικροελεγκτή μέσω της θύρας USB, χωρίς δηλαδή να χρειάζεται εξωτερικός προγραμματιστής. Τα υπόλοιπα 248Kb της μνήμης Flash

χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση των προγραμμάτων, αφού μεταγλωττιστούν. Η μνήμη Flash, όπως και η EEPROM δεν χάνει τα περιεχόμενά της με απώλεια τροφοδοσίας ή reset.

SRAM

Αποτελείται από 8 KB μνήμης SRAM που είναι η ωφέλιμη μνήμη που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε στα προγράμματα για να αποθηκεύσουμε μεταβλητές, πίνακες κλπ κατά τον χρόνο εκτέλεσης του κώδικα. Όπως και σε έναν υπολογιστή, αυτή η μνήμη χάνει τα δεδομένα της όταν η παροχή ρεύματος στο Arduino σταματήσει ή αν γίνει reset.

EEPROM

Αποτελείται από 4 KB της EEPROM η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εγγραφή/ανάγνωση δεδομένων. Σε αντίθεση με την SRAM, η EEPROM δεν χάνει τα περιεχόμενά της με απώλεια τροφοδοσίας ή reset οπότε είναι το ανάλογο του σκληρού δίσκου.

6.4 Είσοδοι – Έξοδοι

6.4.1 Ψηφιακοί Είσοδοι/Έξοδοι

Ο Μικροελεγκτής ATmega υποστηρίζει σειριακή επικοινωνία, την οποία το Arduino προωθεί μέσα από έναν USB-to-serial μετατροπέα ώστε να συνδέεται με τον υπολογιστή μέσω USB. Μέσω αυτής της σύνδεσης πραγματοποιείτε η μεταφορά των προγραμμάτων που σχεδιάζονται από τον υπολογιστή στο Arduino αλλά και η αμφίδρομη επικοινωνία του Arduino με τον υπολογιστή μέσα από το πρόγραμμα την ώρα που εκτελείται.

Στην πάνω πλευρά στη Arduino Mega βρίσκονται 54 θηλυκές ακίδες (pin) που μπορούν να λειτουργήσουν ως ψηφιακές είσοδοι και έξοδοι, χρησιμοποιώντας τις εντολές pinMode(), digitalWrite(), και digitalRead(). Λειτουργούν στα 5 βολτ, καθένα μπορεί να παρέχει ή να δεχτεί το μέγιστο 40mA και έχουν μια εσωτερική pull-up αντίσταση 20-50 kΩ.

Η ακίδα που ρυθμίζεται μέσω του προγράμματος ως ψηφιακή έξοδος μπορεί να αλλάξει την κατάσταση από HIGH σε LOW ή αντιστρόφως, οπότε το Arduino θα ξέρει αν πρέπει να διοχετεύσει ή όχι ρεύμα. Ενώ ως ψηφιακή είσοδο μπορούμε να διαβάσουμε την κατάστασή της ακίδας (HIGH ή LOW) ανάλογα με το αν διοχετεύεται ή όχι ρεύμα.

Στην ακίδα 13 υπάρχει ένα ενσωματωμένο LED που συνδέεται εσωτερικά με την ψηφιακή ακίδα 13. Όταν η ακίδα είναι HIGH, η ενδεικτική λυχνία είναι αναμμένη, όταν η ακίδα είναι LOW, είναι σβηστό.

6.4.2 Αναλογικοί Είσοδοι

Οι ακίδες με τη σήμανση Analog In είναι οι 16 αναλογικοί είσοδοι που χρησιμοποιούν τον μετατροπέα του αναλογικού σήματος σε ψηφιακό (ADC: Analog to Digital Converter) που βρίσκεται μέσα στον μικροελεγκτή. Κάθε είσοδο παρέχει 10 bit ανάλυση (1024 δηλαδή διαφορετικές τιμές).

Για παράδειγμα, τροφοδοτώντας ένα από αυτά με μια κυμαινόμενη τάση μέσω ενός ποτενσιόμετρου από 0V ως μια τάση αναφοράς V_{ref} , η οποία αρχικά είναι προρυθμισμένη στα 5V. Τότε, μέσα από το πρόγραμμά θα πάρουμε ως τιμή από την ακίδα ένα ακέραιο αριθμό ανάλυσης 10-bit, από 0 (όταν η τάση στο pin είναι 0V) μέχρι 1023 (όταν η τάση στο pin είναι 5V).

Έτσι, αν τροφοδοτήσουμε την ακίδα AREF με 3.3V και στην συνέχεια διαβάσουμε κάποια ακίδα αναλογικής εισόδου στην οποία εφαρμόζετε τάση 1.65V, το Arduino θα επιστρέψει την τιμή 512.

6.4.3 PWM

Τα pin από το 2 μέχρι το 13, και από το 44 έως το 46 μπορούν να λειτουργήσουν και ως ψευδοαναλογικές έξοδοι με το σύστημα PWM (Pulse Width Modulation) με ανάλυση 8bit (256 καταστάσεις από 0 ως 255).

Εντολή: `analogWrite()`

Το PWM δεν είναι πραγματικά αναλογικό σύστημα. Θέτοντας στην έξοδο την τιμή 127, δεν σημαίνει ότι η έξοδος θα δίνει 2.5V αντί της κανονικής τιμής των 5V, αλλά ότι θα

δίνει ένα παλμό που θα εναλλάσσεται με μεγάλη συχνότητα και για ίσους χρόνους μεταξύ των τιμών 0 και 5V.

6.5 Τροφοδοσία

Το Arduino μπορεί να τροφοδοτηθεί με ρεύμα είτε από τον υπολογιστή μέσω της σύνδεσης USB, είτε από εξωτερική τροφοδοσία που παρέχεται μέσω μιας υποδοχής (jack) των 2.1mm (θετικός πόλος στο κέντρο). Η πηγή ενέργειας επιλέγεται αυτόματα.

Η πλακέτα μπορεί να λειτουργήσει με μια εξωτερική τροφοδοσία από 6V έως 20V και μπορεί να προέρχεται από ένα κοινό μετασχηματιστή του εμπορίου, από μπαταρίες ή οποιαδήποτε άλλη πηγή DC. Ωστόσο αν τροφοδοτείται με λιγότερο από 7V, η ακίδα μπορεί να παρέχει λιγότερο από 5V με αποτέλεσμα να μπορεί να είναι ασταθής η λειτουργία. Εάν χρησιμοποιηθεί περισσότερο από 12V, ο ρυθμιστής τάσης μπορεί να υπερθερμανθεί και να πάθει ζημιά η πλακέτα. Για να μην υπάρχουν τέτοια προβλήματα, η εξωτερική τροφοδοσία πρέπει να είναι από 7 ως 12V.

Η ακίδα με την ένδειξη 3.3V, μπορεί να τροφοδοτήσει με τάση 3.3V. Η τάση αυτή δεν προέρχεται από την εξωτερική τροφοδοσία αλλά παράγεται από τον ρυθμιστή τάσεως και έτσι η μέγιστη ένταση που μπορεί να παρέχει είναι μόλις 50mA.

Η ακίδα με την ένδειξη 5V, μπορεί να τροφοδοτήσει με τάση 5V. Ανάλογα με τον τρόπο τροφοδοσίας του ίδιου του Arduino, η τάση αυτή προέρχεται είτε άμεσα από την θύρα USB (που ούτως ή άλλως λειτουργεί στα 5V), είτε από την εξωτερική τροφοδοσία αφού αυτή περάσει από ένα ρυθμιστή τάσης στα 5V.

Η ακίδα με την ένδειξη VIN μπορεί να λειτουργήσει ως μέθοδος εξωτερικής τροφοδοσίας του Arduino. Αν όμως υπάρχει ήδη συνδεδεμένη εξωτερική τροφοδοσία, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αυτό το pin με την πλήρη τάση της εξωτερικής τροφοδοσίας (7~12V), πριν αυτή περάσει από τον ρυθμιστή τάσης όπως γίνεται με το pin των 5V. Οι ακίδες με την ένδειξη GND είναι γειώσεις.

Η ακίδα με την ένδειξη IOREF παρέχει την τάση αναφοράς με την οποία λειτουργεί ο μικροελεγκτής. Η τάση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις επεκτάσεις του arduino ώστε να επιλέξουν την τροφοδοσία που χρειάζεται να λειτουργούν.

6.6 Arduino Επεκτάσεις - Shields

Τα Shields είναι έτοιμες εξωτερικά ηλεκτρονικά κυκλώματα, ολοκληρωμένες πλακέτες, που είναι σχεδιασμένες ώστε να ενσωματώνονται και να συνδέονται πάνω στο Arduino επεκτείνοντας την λειτουργικότητά του. Είναι η αντίστοιχη έννοια των plugins, addons και extensions που υπάρχουν σε λογισμικό. Και παρέχουν μεγάλη γκάμα χρήσιμων εξαρτημάτων μονάδων εξόδου ή αισθητήρων, που επιτρέπουν στο ρομπότ να επικοινωνεί και να αλληλοεπιδρά με το περιβάλλον.

Είδη αισθητήρων μπορεί να είναι επαφής, υπερύθρων, υπερήχων, φωτός-χρωμάτων, θερμοκρασίας, ήχου (μικρόφωνα), πίεσης, επιταχυνσιόμετρα, γυροσκόπια, πυξίδες κτλ.



*Εικόνα 6.2 Αισθητήρας ήχου
Μικρόφωνο*



*Εικόνα 6.3 Μονάδα Υπερήχων
Μέτρηση Απόστασης*

Και είδη μονάδων εξόδων μπορεί να είναι είναι φωτεινές λυχνίες - οθόνες, βομβητές, μεγάφωνα κ.λπ.

Μερικά από τα πιο δημοφιλή και χρήσιμα shield είναι τα παρακάτω:

- Ethernet shield: Δίνει στο Arduino την δυνατότητα να δικτυωθεί σε ένα LAN ή στο internet μέσω ενός τυπικού καλωδίου Ethernet.
- WiFi shield: Όμοιο με το Ethernet shield
- Shield οθόνης: Προσθέτουν οθόνη στο Arduino. Κυκλοφορούν από απλές οθόνες τύπου calculator μέχρι OLED touchscreen υψηλής ανάλυσης.



Εικόνα 6.4 Shield έγχρωμης οθόνης



Εικόνα 6.5 Shield RGB Οθόνης Adafruit

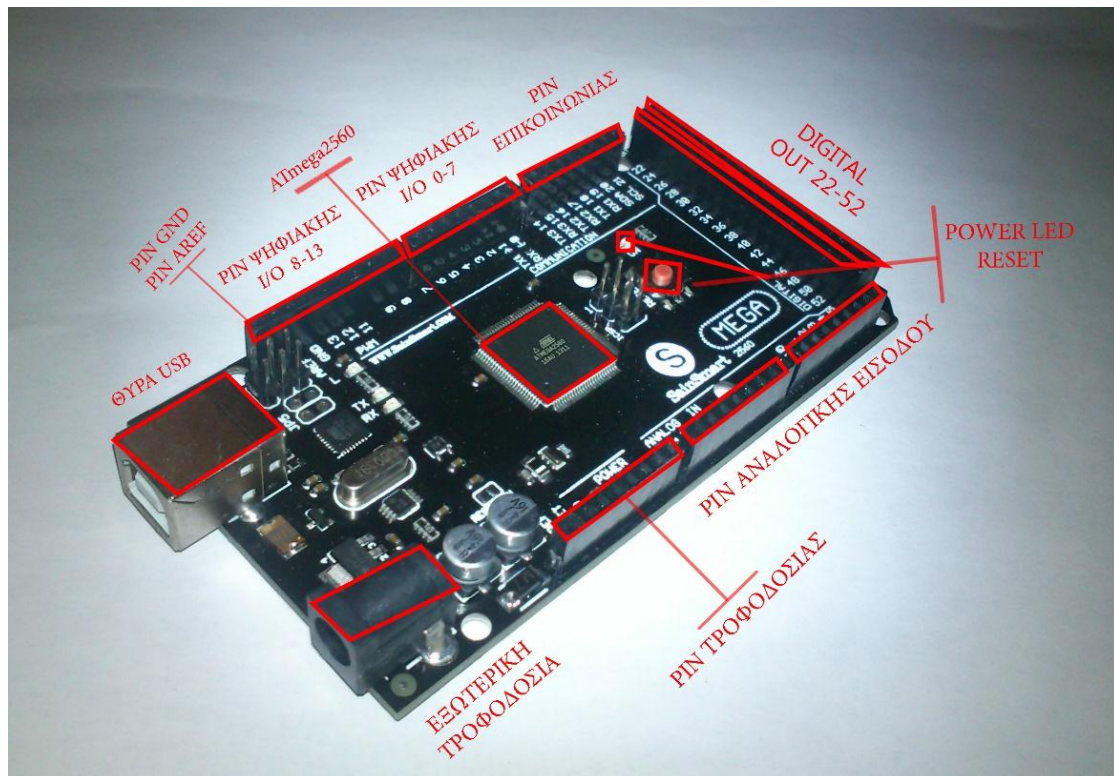
- Wave shield: Δίνει στο Arduino την δυνατότητα να παίζει ήχους/μουσική από κάρτες SD.
- GPS shield: Προσθέτει GPS δυνατότητες στο Arduino (εντοπισμό στίγματος).
- Motor Shields: Σας επιτρέπουν να οδηγήσετε εύκολα μοτέρ διάφορων τύπων (απλά DC, servo, stepper κ.λπ.) από το Arduino.

Τα shield είναι σχεδιασμένα ώστε να ενσωματώνονται πάνω στο Arduino και να συνδέονται επιπλέον εξαρτήματα ή επόμενες shields. Δεν γίνεται να συνδεθούν απεριόριστα shield λόγω περιορισμένων πόρων. Κάποια shield μπορεί να μην είναι συμβατά μεταξύ τους γιατί χρησιμοποιούν τα ίδια pin του Arduino για επικοινωνία. Υπάρχουν ειδικές επεκτάσεις shields που δίνουν την δυνατότητα σε δύο άλλα shield να ενσωματωθούν πάνω. Το βασικό πλεονέκτημα των shields είναι οι βιβλιοθήκες που τις συνοδεύουν που επιτρέπουν να προγραμματίζονται τα sketch εύκολα με τις ενσωματωμένες έτοιμες συναρτήσεις.

Σχεδιασμός Πρωτότυπου

Η κατασκευή του πρωτότυπου κυκλώματος και της συνδεσμολογίας των εξαρτημάτων, έγινε πρωταρχικά στον υπολογιστή. Ενώ πολλά προγράμματα είναι επί πληρωμής, εμείς στραφήκαμε κυρίως σε ανοικτού κώδικα προγράμματα. Χρησιμοποιήσαμε το Fritzing [37], ένα ανοικτού κώδικα πρόγραμμα του οποίου η κοινότητα είναι χρήσιμη, καθώς συνεργάζεται και με την κοινότητα του Arduino. Το σχέδιο αναφέρεται στο κεφάλαιο της ανάπτυξης της πλακέτας.

6.7 Περίληψη Πλακέτας



Εικόνα 6.6 Arduino Sainsmart Mega2560 R3

Μικροεπεξεργαστής	AtMega2560
Τάση Λειτουργίας	5V
Τάση Εισόδου (Προτεινομενη)	7-12V
Τάση Εισόδου (Ορια)	6-20 V
Ψηφιακές Εισόδους/Εξόδους	54 (εκ των οποίων τα 15 είναι PWM έξοδος)
Αναλογικά Pin Εισόδου	16
DC Ρεύμα Για Κάθε I/O Pin	40 mA
DC Ρεύμα Για 3.3v Pin	50 mA
Flash Μνήμη	256 KB (εκ του οποίου 8KB χρησιμοποιείται στον Bootloader)
SRAM	8KB
EEPROM	4KB
Ταχύτητα Ρολογιού	16MHz

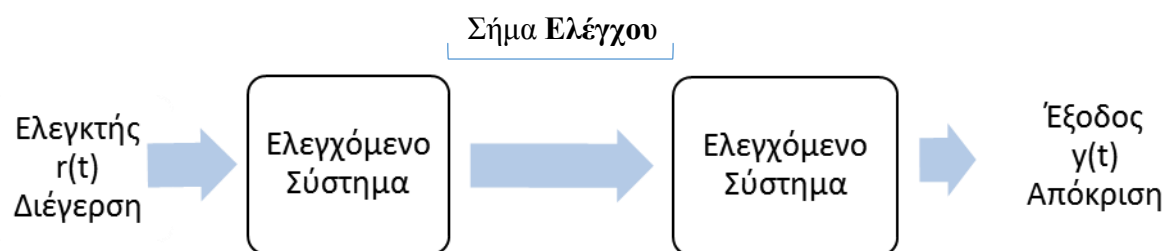
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

7.1 Σύστημα Ελέγχου

Το σύστημα ελέγχου της εφαρμογής που επιλέχτηκε είναι ανοιχτού βρόγχου. Ένα σύστημα ανοιχτού βρόγχου χρησιμοποιεί την ενεργό συσκευή, που παράγει το σήμα εισόδου, για να ελέγξει απευθείας την διεργασία δίχως κάποια ανάδραση από την έξοδο στην είσοδο.

Τα χαρακτηριστικά του είναι:

- Απλή κατασκευή.
- Η ακρίβεια εξαρτάται από τη ρύθμιση διαφόρων στοιχείων.
- Δεν παρουσιάζουν συνήθως προβλήματα αστάθειας.



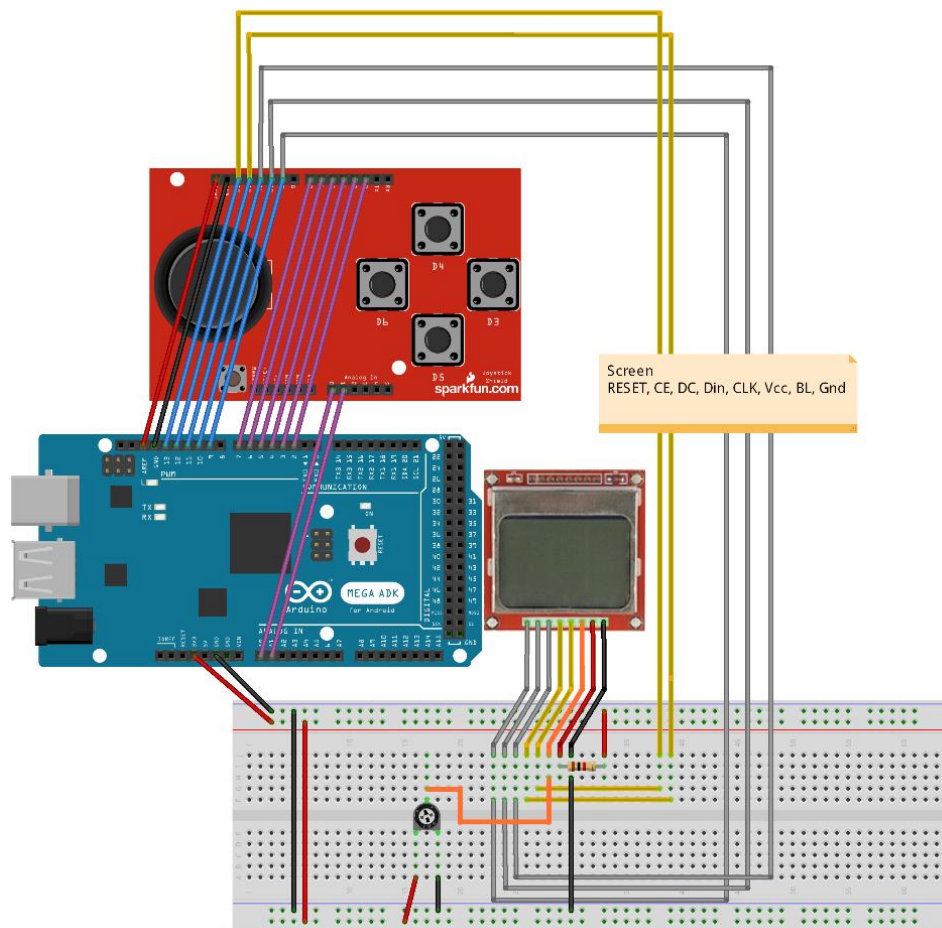
Εικόνα 7.1 Λειτουργικό Διάγραμμα

Ένα τέτοιο σύστημα είναι ικανοποιητικό μόνο αν οι μεταβολές των παραμέτρων του είναι περιορισμένες και οι εξωτερικές συνθήκες καλά ελεγχόμενες.

7.2 Κατασκευή Πρωτότυπου

7.2.1 Χειριστήριο

Ο αρχικός σχεδιασμός έγινε μέσω ενός λογισμικού ανοικτού κώδικα το Fritzing[37]. Το βασικό σύστημα ελέγχου αποτελείται από το χειριστήριο που συνδέεται με τις εισόδους του Arduino Mega 2560 R3.



Εικόνα 7.2 Πρωτότυπο Κόκλωμα στον υπολογιστή

Το αναλογικό χειριστήριο συνδέεται με τις θύρες Analog In, A0 και A1, X άξονα-Y άξονας αντίστοιχα. Επίσης χρησιμοποιούνται τις εισόδους PWM 2,3,4,5,6,7 για την σύνδεση των κουμπιών πάνω, δεξιά, κάτω, αριστερά, Start, Select αντίστοιχα.



Εικόνα 7.3 Πληκτρολόγιο Ελέγχου Κινήσεων

7.2.2 Οθόνη

Επιπλέον στην εφαρμογή συνδέεται μια οθόνη 84x48 μονόχρωμη LCD, μοντέλο του Nokia 5110. Στα Pin PWM 9, 10, 11, 12, 13 της πλακέτας συνδέονται τα Pin Reset, CE, DC, DIN, CLK, Vcc, BL, GND.



Εικόνα 7.4 Οθόνη Ένδειξης Λειτουργίας – Nokia 5110

Τροφοδοσίες που απαιτούνται για την πλακέτα του χειριστηρίου είναι το ελάχιστο 3,3 V και μέγιστο 5V. Υπάρχει η δυνατότητα να λειτουργήσουν στα 3.3V και η πλακέτα και η οθόνη απευθείας ως επέκταση (shield). Βέβαια για πιο εύκολη ρύθμιση της φωτεινότητας προστίθενται δύο Τρίμμερ, το ένα για τον φωτισμό της οθόνης και το άλλο για την αντίθεση (contrast) της.

7.2.3 Ηλεκτρονόμοι

Οι ηλεκτρονόμοι ή αλλιώς ρελέ (Relay) είναι διακόπτες που ανοίγουν και κλείνουν τα κυκλώματα ηλεκτρομηχανικά ή ηλεκτρονικά, ελέγχοντας έτσι ένα άλλο ηλεκτρικό κύκλωμα με το άνοιγμα και το κλείσιμο των επαφών. Ένας από τους λόγους που ένα ρελέ είναι ένα δημοφιλές εργαλείο είναι για το λόγο ότι μπορεί να ελέγξει την έξοδο, που είναι υψηλότερη από την είσοδο που δέχεται.

Στην κατασκευή χρησιμοποιούνται για την ενεργοποίηση των ηλεκτροβαλβίδων. Κάθε ρελέ μέσω του σήματος ελέγχου από το Arduino, ενεργοποιεί ξεχωριστά κάθε ηλεκτροβαλβίδα. Έτσι πραγματοποιείτε μία κίνηση όταν ένα από τα ρελέ ενεργοποιηθεί.

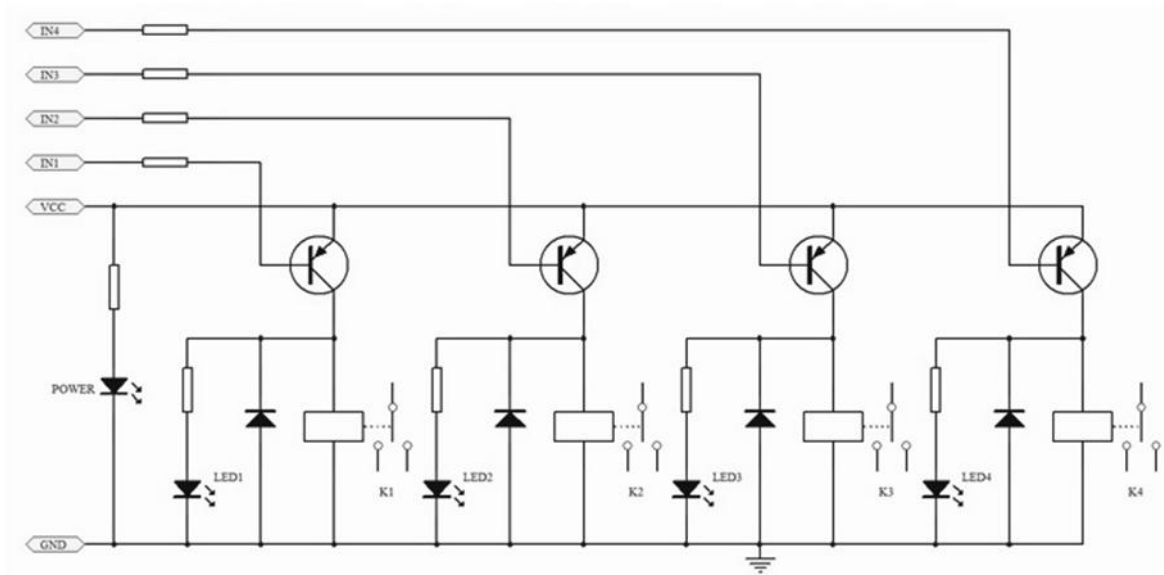


Εικόνα 7.5 Μονάδα Επέκτασης Ρελέ

Τα βασικά στοιχεία των ηλεκτρονόμων (Relay) είναι:

- Το ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας
- Η τάση λειτουργίας.
- Ο αριθμός και το είδος των επαφών.
- Η συχνότητα των χειρισμών στον χρόνο.

Η απαιτούμενη τάση λειτουργίας προσδιορίζεται από την τάση στην οποία θα ενεργοποιείται το πηνίο στις ηλεκτροβαλβίδες. Τα 5 Volt της πλακέτας δεν είναι ικανά για την ενεργοποίηση του πηνίου στην ηλεκτροβαλβίδα. Έτσι, για την λειτουργία των Ρελέ χρησιμοποιείται εξωτερική τροφοδοσία 12V μέσω του τροφοδοτικού.



Εικόνα 7.6 Σχηματικό Διάγραμμα Μονάδας Επέκτασης - Τεσσάρων Relay

Είσοδοι του ρελέ είναι:

- Pin IN1-4 είναι οι είσοδοι σήματος σκανδαλισμού.
- Η τάση εισόδου είναι $V_{cc} = 12 \text{ Vdc}$
- και GND η γείωση.

Έξοδοι του ρελέ είναι:

- Κανονικές κλειστές επαφές (NC1-4)
- Κανονικά ανοικτές επαφές (NO1-4)
- Κοινές επαφές (COM1-4)

Χαρακτηριστικά του ρελέ:

- Το μέγιστο φορτίο είναι 30V/10 A
- Το ρεύμα ενεργοποίησης 5mA.
- Η μέγιστη αντίσταση της επαφής είναι 100mΩ.
- Μέγιστος χρόνος λειτουργίας είναι 10msec.

Ο μέγιστος χρόνος λειτουργίας, είναι ο χρόνος που χρειάζεται με την εφαρμογή του ρεύματος στο πηνίο μέχρι να κλήση η κανονικά ανοικτή επαφή.

- Μέγιστος χρόνος απελευθέρωσης 5msec Max.

Ο μέγιστος χρόνος μετάβασης, είναι ο χρόνος από τη στιγμή που διακοπεί η τάση

τροφοδοσίας μέχρι την στιγμή που η κανονικά ανοικτή επαφή ανοίξει από την κλειστή θέση της.

Πάνω στην επέκταση υπάρχουν δύο LED. Το ένα είναι για την ένδειξη της τροφοδοσίας και το δεύτερο για την κατάσταση στην οποία βρίσκεται το ρελέ. Κάθε ρελέ είναι συνδεδεμένο με μια δίοδο προστασίας αναστροφής τάσης SMD Diode M7.

Χρόνοι Ηλεκτροβαλβίδας

Ο κατασκευαστής της ηλεκτροβαλβίδας αναφέρει ότι η υψηλότερη συχνότητα δράσης είναι 5 κύκλους / δευτερόλεπτο (5 hz).

Άρα μέγιστη περίοδος $T = \frac{1}{f} \rightarrow T = 0.2 \text{ sec} = 200\text{ms}$.

Συνδέσεις

Η σύνδεση με την πλακέτα Arduino επιτυγχάνεται με την είσοδο PWM σήματος πάνω στα pin εισόδου του ρελέ από τις εξόδους PWM 22-29 θύρες της πλακέτας.

7.2.4 Τροφοδοσία

Η επιλογή της τροφοδοσίας έγινε με βάση των απαιτήσεων των ενεργοποιητών στην ηλεκτροβαλβίδα. Έτσι, χρησιμοποιείται ένα τροφοδοτικό AC/DC ρυθμιζόμενο στα 12V, μέγιστο ρεύμα 15 A, 180 W. Το οποίο είναι υπεραρκετό για την εφαρμογή του ρομποτικού βραχίονα.



Εικόνα 7.7
Τροφοδοτικό Κατασκευής

7.3 Σχεδίαση Πλακετών PCB

Λόγω των χαρακτηριστικών της πλακέτας Arduino, η οποία απαιτεί τροφοδοσία 7Volt για την ορθή λειτουργία έως 12 Volt, σχεδιάστηκε στο πρόγραμμα σχεδιασμού PROTEUS [38] ένα κύκλωμα ρυθμιζόμενου ισοσταθμιστή από 0 έως 10 Volt, με βάση των Regulator LM317T της SMelectronic.

Τα βασικά χαρακτηριστικά του LM317T είναι:

- Σχεδιασμένος να τροφοδοτεί με περισσότερο από 1.5A ρεύμα φορτίου
- και με τάση εξόδου πάνω από 1.2V μέχρι 37 V.
- Εσωτερική προστασία υπερθέρμανσης.

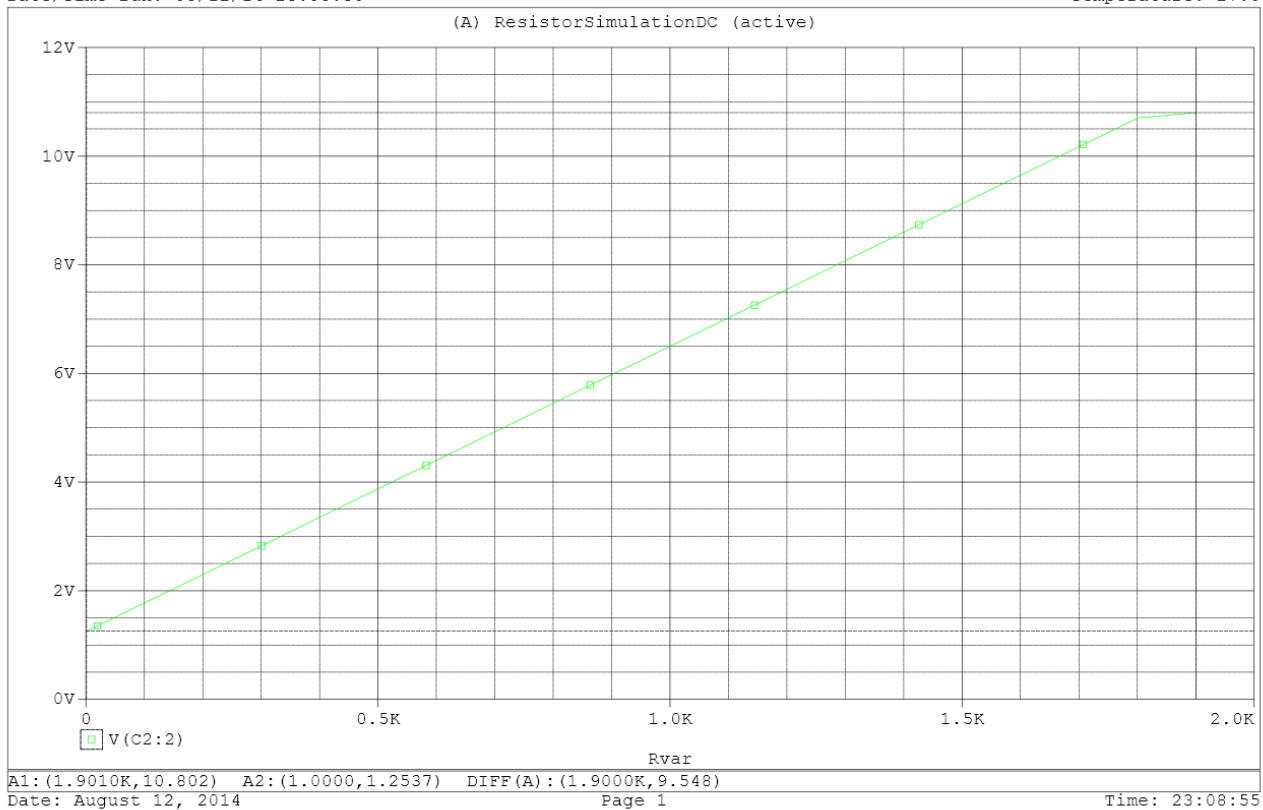
Οι απαιτήσεις ενέργειας ρυθμίζονται και περιορίζονται από το εσωτερικό κύκλωμα του LM317T.

Επίσης λόγω των απαιτήσεων των καλωδιώσεων χρησιμοποιήθηκαν τερματικά καλωδίων (κλέμες ράστερ).

Πίνακας 7.8 Θεωρητικές Τιμές Τάσης Εξόδου

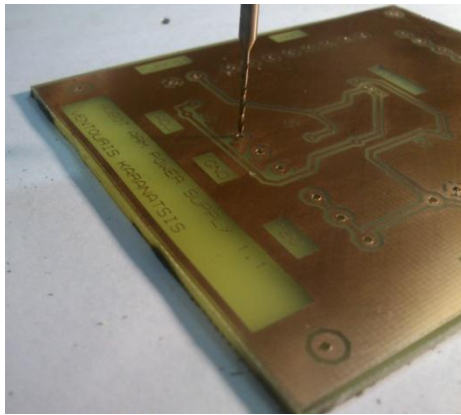
Θέση ποτενσιόμετρου (100Ω-2KΩ)	Τάση στην έξοδο
0.1	10.7 volt
0.2	9.6 volt
0.3	8.6 volt
0.4	7.5 volt
0.5	6.5 volt
0.6	5.4 volt
0.7	4.3 volt
0.8	3.3 volt
0.9	2.2 volt
1	1.2 volt

** Profile: "Typical Regulator 317T-ResistorSimulationDC" [c:\spb_data\thesis\regulator-PSpiceFiles\Typic...
Date/Time run: 08/12/14 23:08:30 Temperature: 27.0



Εικόνα 7.9 Γράφημα Τάσης Εξόδου - σε σχέση με την αντίσταση ποτενσιόμετρου.

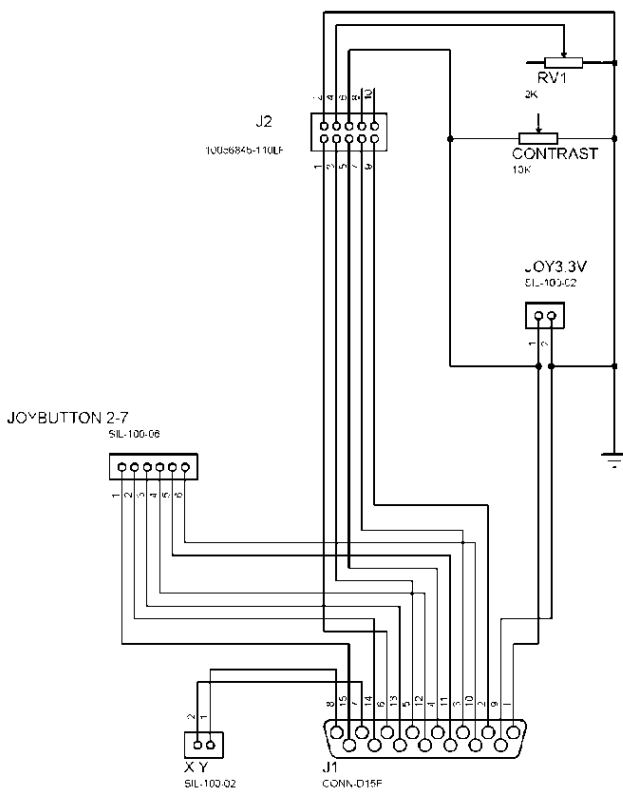
Η μετρούμενη τάση στην είσοδο απο το τροφοδοτικό είναι 12,5 Volt min, η τάση στην έξοδο κυμαίνεται αναλόγως του διαιρέτη τάσης, επομένως της θέσης του ποτενσιόμετρου. Οι μέγιστες τιμές πειραματικά είναι $V_{out}=10,5$ V max και $V_{out}=1,2$ V min.



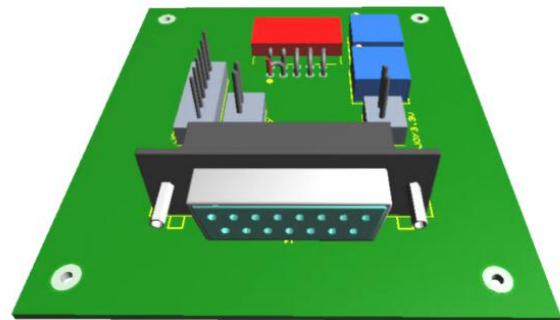
Εικόνα 7.13 Πλακέτα Τροφοδοσίας

Για τις συνδέσεις της οθόνης και του χειριστηρίου σχεδιάστηκε πλακέτα για την πλήρη λειτουργία τους.

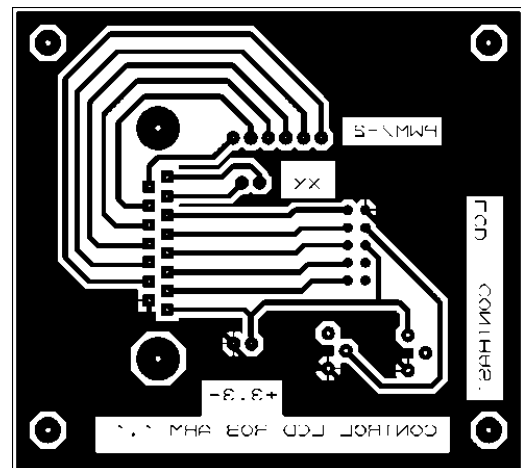
Πλακέτα Οθόνης και Συνδέσεων



Εικόνα 7.14 Κυκλωματικό σχέδιο πλακέτας οθόνης



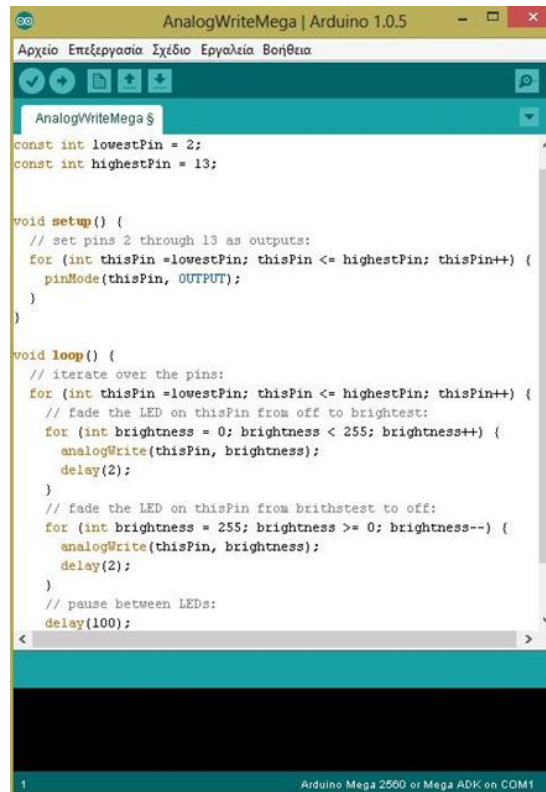
Εικόνα 7.15 Τρισδιάστατη Απεικόνιση Πλακέτας Οθόνης



Εικόνα 7.16 Σχέδιο Εκτύπωσης πλακέτας οθόνης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8:

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΕ ΓΛΩΣΣΑ ARDUINO



```
const int lowestPin = 2;
const int highestPin = 13;

void setup() {
  // set pins 2 through 13 as outputs:
  for (int thisPin = lowestPin; thisPin <= highestPin; thisPin++) {
    pinMode(thisPin, OUTPUT);
  }
}




void loop() {
  // iterate over the pins:
  for (int thisPin = lowestPin; thisPin <= highestPin; thisPin++) {
    // fade the LED on thisPin from off to brightest:
    for (int brightness = 0; brightness < 255; brightness++) {
      analogWrite(thisPin, brightness);
      delay(2);
    }
    // fade the LED on thisPin from brightest to off:
    for (int brightness = 255; brightness >= 0; brightness--) {
      analogWrite(thisPin, brightness);
      delay(2);
    }
    // pause between LEDs:
    delay(100);
  }
}
```




Εικόνα 8.1 Περιβάλλον Ανάπτυξης Arduino

8.1 Περιβάλλον Ανάπτυξης

Εικόνα : Το περιβάλλον ανάπτυξης του Arduino

Βασικές λειτουργίες του IDE (Integrated Development Environment):

	Έλεγχος του κώδικα για λάθη
	Μεταγλώττιση του κώδικα και ανέβασμα του στο Arduino
	Δημιουργία νέου έργου (Sketch)

	Παρουσίαση μενού με όλα τα υποθηκευμένα έργα
	Αποθήκευση του έργου
	Εμφάνιση της σειριακής κονσόλας. Αποστολή και λήψη δεδομένων που στάλθηκαν μέσω της σειριακής θύρας

Το περιβάλλον προγραμματισμού Arduino IDE, το οποίο είναι βασισμένο σε Java, είναι ένα περιβάλλον για την συγγραφή των προγραμμάτων τα οποία ονομάζονται Sketch. Περιλαμβάνει αρκετά έτοιμα παραδείγματα, Μερικές έτοιμες βιβλιοθήκες για την διευκόλυνση του χειρισμού των εξαρτημάτων που είναι συνδεδεμένα με το Arduino. Ο προγραμματισμός μπορεί να γίνει ή σε γλώσσα C/C++ ή Assembly.

Ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο για διόρθωση λαθών είναι το περιβάλλον απεικόνισης της επικοινωνίας με την σειριακή θύρα, το οποίο είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στο debugging του προγράμματος.

8.2 Δομή προγράμματος

Ένα τυπικό πρόγραμμα του Arduino έχει την εξής δομή:

```
// Ενσωματώσεις βιβλιοθηκών, δηλώσεις μεταβλητών

void setup () {

// αρχικοποιήσεις

}

void loop() {

// ...

}

// Υπόλοιπες συναρτήσεις...
```

Η συνάρτηση `setup()` εκτελείται στην αρχή του προγράμματος και για μία μόνο φορά. Χρησιμοποιείται για τις αρχικοποιήσεις των μεταβλητών, τις δηλώσεις των `pin` (αν θα είναι είσοδος ή έξοδος) και τις αρχικοποιήσεις των βιβλιοθηκών.

Στη συνάρτηση `loop()` γράφουμε το πρόγραμμα το οποίο θα «τρέχει» συνέχεια. Δηλαδή ότι κώδικας γράφεται επαναλαμβάνεται συνέχεια δίνοντας την δυνατότητα στο πρόγραμμα μας να αλλάζει τιμές.

Μεταβλητές

Μεταβλητή στις γλώσσες προγραμματισμού γενικά ονομάζουμε ένα γλωσσικό αντικείμενο που μπορεί να λάβει διάφορες τιμές, μία κάθε φορά. Οι τιμές μιας μεταβλητής περιορίζονται συνήθως σε ένα τύπο δεδομένων.

Σταθερές

Σταθερές είναι αντικείμενα τα οποία παίρνουν μόνο μία τιμή, και δηλώνονται μαζί με τις μεταβλητές: εντολή: `#define`.

Πίνακες – Arrays

Πίνακα ονομάζουμε διάταξη δεδομένων μιας ή περισσότερων διαστάσεων η οποία είναι συγκεκριμένου τύπου δεδομένων.

Για παράδειγμα εμείς χρησιμοποιούμε ένα πίνακα `memoRelay[7]`, ο οποίος αποτελείται από 8 στοιχεία.

Για να δώσουμε τιμή στο όγδοο στοιχείο του πίνακα:

```
memoRelay[7]=1;
```

επίσης μπορούμε να γεμίσουμε τον πίνακα ταυτόχρονα με την δήλωση του:

```
memoRelay = {x, x, x, x, x, x, x, x};
```

 όπου `x` «0» ή «1» στο πρόγραμμα.

Αριθμητικοί τελεστές

Οι αριθμητικοί τελεστές καλύπτουν τις βασικές πράξεις: πρόσθεση, αφαίρεση, πολλαπλασιασμό, διαίρεση (+, -, *, /).

Τελεστές σύγκρισης

Με τους τελεστές σύγκρισης μπορούμε να ελέγξουμε αν μία συγκεκριμένη συνθήκη μεταξύ μεταβλητών ή σταθερών είναι “Αληθής”.

Λογικοί τελεστές

Με τους λογικούς τελεστές μπορούμε να συγκρίνουμε δύο ή περισσότερες εκφράσεις, δίνοντας αποτέλεσμα “Αληθής” ή “Ψευδής” .

Η πρόταση if() ελέγχει αν η συνθήκη μέσα στις παρενθέσεις είναι “Αληθής”.

Ένα παράδειγμα:

```
If ( digitalRead (PIN_BUTTON_SELECT) == 0 ){  
  
//κώδικας  
  
}
```

Εδώ γίνεται έλεγχος αν το κουμπί στο pin που είναι συνδεδεμένο ένα button είναι πατημένο (με αρνητική λογική), αν αυτή η συνθήκη ισχύει τότε έχουμε το αποτέλεσμα “Αληθής” και εκτελείται ο κώδικας μέσα στις αγκύλες.

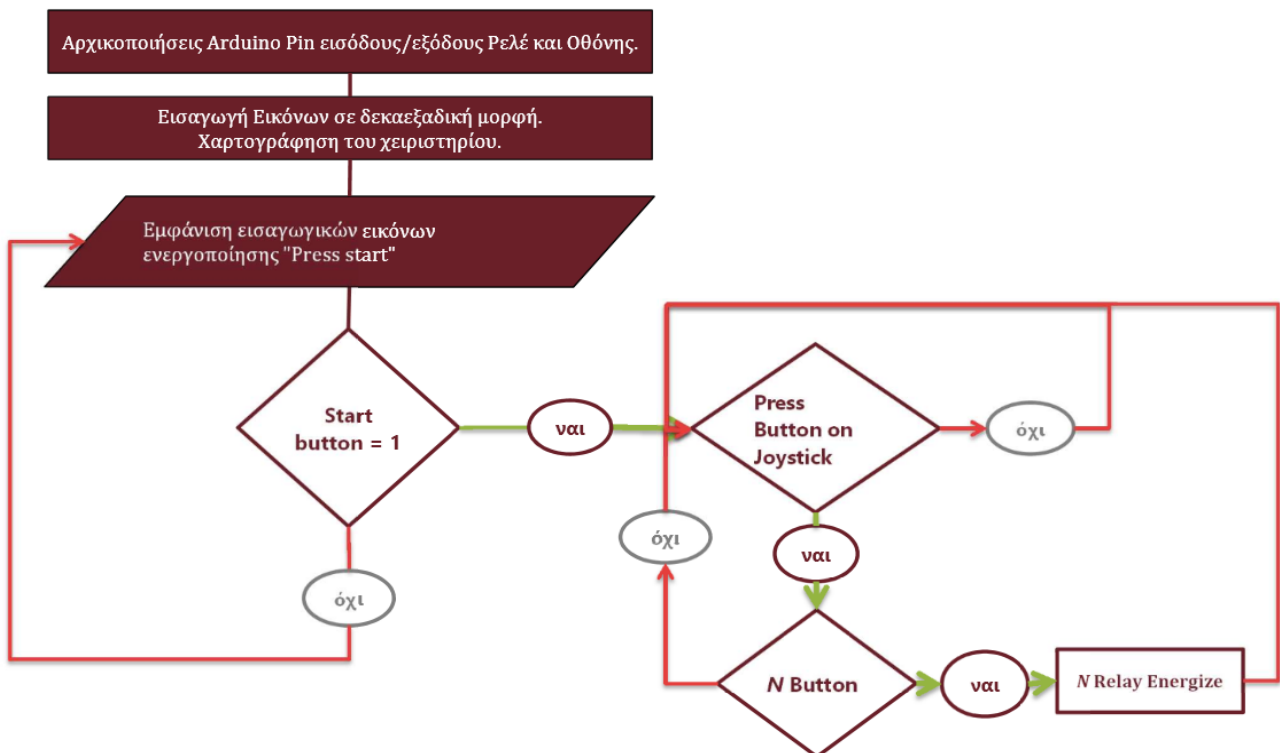
Ένα βασικό μειονέκτημα στον προγραμματισμό του Arduino είναι ότι πρέπει να εκτελεστεί ο κώδικας από τον μικροεπεξεργαστή του και θα πρέπει να αποθηκευτεί κάθε φορά στη μνήμη του. Αυτό το καθιστά ως χρονοβόρα διαδικασία, κυρίως στο debugging του προγράμματος. Επίσης καταπονείται περισσότερο από τη χρήση και τους συνεχούς προγραμματισμούς μετά από κάθε αλλαγή του κώδικα. Δεν είναι πολύ πρακτικό γιατί πρέπει να έχουμε πάντα τη πλακέτα μαζί και συνδεδεμένη με τον υπολογιστή για την διαδικασία της διόρθωσης και δεν υπάρχει ευελιξία για πειραματισμούς πριν αγοραστεί η πλακέτα.

Αν αλλάξουμε υπολογιστή θα πρέπει να κάνουμε και τις κατάλληλες ρυθμίσεις, όπως την επιλογή της θύρας με την οποία είναι συνδεδεμένος ο Arduino, την επιλογή της

συγκεκριμένης πλακέτας του εμπορίου (Uno, Mega, Robot κ.λπ.), εγκατάσταση συγκεκριμένων βιβλιοθηκών. Το πρόγραμμα του ρομποτικού βραχίονα βασίστηκε αποκλειστικά στις ήδη υπάρχον βιβλιοθήκες του compiler, οπότε επιπλέον εγκατάσταση βιβλιοθηκών δεν είναι υποχρεωτική.

Τη λύση σε αυτό θα μπορούσε να δώσει ένας προσομοιωτής προγραμματισμού. Προσομοιωτές του AVR ή κάποιο άλλο πρόγραμμα εξομοίωσης επί πληρωμή.

8.3 Διάγραμμα Ροής Κώδικα



Εικόνα 8.2 Διάγραμμα ροής

8.4 Ανάλυση Κυρίους Κώδικα

Ακολουθεί κομμάτι κώδικα για τις αρχικοποιήσεις των εισόδων και εξόδων του προγράμματος:

```
const byte PIN_ANALOG_X = 0;
```

```
const byte PIN_ANALOG_Y = 1;
```

```
const byte PIN_BUTTON_UP = 2;
```

```
const byte PIN_BUTTON_RIGHT = 3;
```

```
const byte PIN_BUTTON_DOWN = 4;
```

```
const byte PIN_BUTTON_LEFT = 5;
```

```
const byte PIN_BUTTON_START = 6;
```

```
const byte PIN_BUTTON_SELECT = 7;
```

```
const byte PIN_RESET = 9;
```

```
const byte PIN_SCE = 10;
```

```
const byte PIN_DC = 11;
```

```
const byte PIN_SDIN = 12;
```

```
const byte PIN_SCLK = 13;
```

```
int PneumaticFeedBack=25; //time delay for reverse move of the rotary actuator
```

```
int RelayActive=50; //time delay for relay activation
```

Οι εντολές αυτές οι οποίες είναι οι απαραίτητες αρχικοποιήσεις στο Global του προγράμματος. Με αυτό τον τρόπο δηλώνουμε για ποιο PIN θα αναφερόμαστε όταν θα καλούμε την κάθε μεταβλητή.

Τα pin 0-7 όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, είναι βασικές αρχικοποιήσεις που απαιτούνται για την λειτουργία του πληκτρολογίου. Κάθε φορά που το εκάστοτε button ενεργοποιηθεί, καθώς το πρόγραμμα παρακολουθεί την διαφορά στην τιμή τους, θα δώσει ανάλογα και ποια ρελέ θα ενεργοποιηθούν.

Τα pin 9-13 είναι οι βασικές αρχικοποιήσεις που απαιτούνται για την λειτουργία τις οθόνης LCD Nokia 5110. Για την αναπαράσταση μίας εικόνας, έχουν αποθηκευτεί η τιμές της εικόνας σε δεκαεξαδική μορφή. Η κάθε τιμή αναπαριστά την φωτεινότητα του pixel. Με τον ίδιο τρόπο μπορούμε να αναπαραστήσουμε και γράμματα, αποθηκεύοντας τον κώδικα ASCII στην μνήμη.

Η χαρτογράφηση του χειριστηρίου, γίνεται με βάση τις τιμές που λαμβάνει η είσοδος στην πλακέτα, για παράδειγμα, αν οι αισθητήρες στο αναλογικό χειριστήριο αποδώσουν τιμή μεγαλύτερη του κατωφλιού που ορίζουμε, τότε το πρόγραμμα θα θεωρήσει την τιμή «1» και στην συνέχεια θα δοθεί εντολή στην πλακέτα να ενεργοποιήσει συγκεκριμένο ρελέ.

Εμπειρικά οι τιμές κατωφλίων που επιλέχθηκαν είναι :

```
const int X_THRESHOLD_LOW = 400;
```

```
const int X_THRESHOLD_HIGH = 600;
```

```
const int Y_THRESHOLD_LOW = 400;
```

```
const int Y_THRESHOLD_HIGH = 600;
```

Για να μεταβεί ο χρήστης στην κυρίως λειτουργία του προγράμματος, υπάρχει η ένδειξη “press start” στην οθόνη της κατασκευής. Μόλις ο χρήστης πατήσει το συγκεκριμένο button τότε το πρόγραμμα μεταβαίνει στο κυρίως πρόγραμμα, το οποίο επαναλαμβάνετε συνεχώς μέχρι να τερματίσουμε την παροχή τροφοδοσίας.

Σε αυτό το σημείο του προγράμματος, ο χρήστης έχει την ελεύθερη επιλογή να πατήσει κάποιο button, κάθε ένα αντιστοιχεί σε διαφορετική κίνηση των πνευματικών στοιχείων.

Οι μεταβλητές RelayActive και PneumaticFeedBack, είναι οι τιμές που καθορίζουν την διάρκεια του παλμού που θα σταλεί για να ενεργοποιηθεί το Ρελέ , ύστερα με την σειρά της η ηλεκτροβαλβίδα. Επιπλέον η δημιουργία μιας μεταβλητής ανάδρασης, είναι ένας βασικός συντελεστής για την διατήρηση της σταθερότητας του βραχίονα ως ανάδραση στο σύστημα, καθώς στην πράξη έχουμε μια δυσκολία σταθεροποίησης. Λόγω χώρου εργασίας και κλίσης δαπέδου.

Κάθε φορά που κάποιο ρελέ ενεργοποιηθεί με το τέλος της κίνησης, απελευθέρωση του button, μηδενίζεται ο πίνακας για τα ρελέ και επομένως απενεργοποιούνται τα ρελέ. Μόνο τότε ενεργοποιείται το αντίστοιχο ρελέ για την αντίθετη κίνηση, με σκοπό την σταθεροποίηση. Ο χρόνος ενεργοποίησης είναι ο ελάχιστος δυνατός, ώστε να μην προσφερθεί επιπλέον ενέργεια στο σώμα αλλά μόνο να ακινητοποιηθεί το σώμα.

Η ανάδραση αυτή δεν αποτελεί λύση στην σταθερότητα του συστήματος, λόγω αυτών των εξωτερικών παραμέτρων, όπως η κλίση δαπέδου και η αλλαγή της πίεση του συστήματος. Λύση σε αυτό το πρόβλημα δίνουν οι PID ελεγκτές, οι οποίοι με κατάλληλους αισθητήρες είναι ικανοί να αλλάξουν το σήμα εισόδου, υπολογίζοντας μια τιμή σφάλματος, όπως η διαφορά ανάμεσα σε μια μετρούμενη μεταβλητή και το τελικό επιθυμητό σημείο.

Κάποιες περαιτέρω εργασία που πραγματοποιήθηκαν και δεν καταγράφηκαν στο διάγραμμα ροής, αποτελεί η λειτουργία εγγραφής και επανάληψης των κινήσεων. Το αυτόματο σύστημα χρησιμοποιήθηκαν τα button Start και Select. Μόλις πατηθεί το select το πρόγραμμα θα ανατρέξει τη συνάρτηση για εγγραφή των κινήσεων, που με τον ίδιο τρόπο όπως φαίνεται στο διάγραμμα αποθηκεύει σε σειρά τις τιμές των κινήσεων. Μαζί με την λειτουργία εγγραφής σχεδιάστηκε και λειτουργία επανάληψης των κινήσεων. Μόλις πατηθεί δεύτερη φορά το button select ξεκινά η επανάληψη των κινήσεων. Με το κουμπί start ο χρήστης μπορεί να επιστρέψει στην ελεύθερη χρήση του βραχίονα.

Η έλλειψη εξωτερικών αισθητήρων και του PID ελεγκτή αποδείχθηκε κρίσιμη για μία τέτοια εργασία, ως εκ τούτου μπορούμε να το προτείνουμε για μελλοντική εργασία ως περεταίρω αναβάθμιση.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α΄ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βιβλία

- [1] Χρήστος Δ. Λάζος: "Μηχανική και τεχνολογία στην αρχαία Ελλάδα", Αίολος, 1995
- [2] Author: S R Majumdar, Pneumatic systems: principles and maintenance, New Delhi: Tata McGraw-Hill, 1995.
- [3] Craig J., Εισαγωγή στη Ρομποτική: Μηχανική & Αυτόματος Έλεγχος. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα, 2009
- [4] Χρήστος Κ. Μανάβης, Εργαστηριακές Ασκήσεις-Σημειώσεις, Βιομηχανικοί Αυτοματισμοί

Ιστοσελίδες

- [5] Mark W. Spong and Masayuki Fujita. "Control in Robotics",
<http://ieeecss.org/sites/ieeecss.org/files/documents/IOCT-Part1-04Robotics.pdf>
- [6] Νίκος Βλάσης, Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης Πολυτεχνείο Κρήτης,
«Εισαγωγή στη ρομποτική»
http://www.robotlab.tuc.gr/ASSETS/PAPERS_PDF/ROBOTICS/2_INTRO.pdf
- [7] Σαϊτάκης Εμμανουήλ, ΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας, Διατριβή (Πτυχιακή), «Μελέτη και κατασκευή ρομποτικού βραχίονα με ψηφιακά συστήματα»
<http://eprints.teiwm.gr/25/>
- [8] Μάντζιαρης, Νικόλαος, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, Κοζάνη, Διπλωματική εργασία
«Οικιακά ρομπότ: ψυχαγωγία και λειτουργικότητα με ευφυή χαρακτηριστικά»
<https://dspace.lib.uom.gr/handle/2159/13964>
- [9] Παναγιώτης Χατζόπουλος, Φοιτητής Μηχανολογίας,
<http://www.pygmi.gr/ελεύθερη-άποψη/έρευνα-αρχύτας-ο-ταραντίνος/>

[10] Σημειώσεις Πνευματικά και Υδραυλικά συστήματα, Τμήμα Μηχανολογίας, ΤΕΙ Κρήτης.

<http://www.tm.teiher.gr/Portals/23/Shmeioseis/tecnologia%20elenxou/tecn.elenxou.kef3.pdf>

[11] Ιστορική Αναφορά, Αυτόματη Θεραπεινίδα.

<http://users.ntua.gr/dpiperid/MyWebPage/Info/didyouknow/robot.htm>

[12] Αυτοματισμοί και ρομπότ.

http://reocities.com/Athens/Ithaca/5743/gr/robot_g.htm

[13] Γνωριμία με τα ρομπότ.

<http://www.oikade.gr/Children/technology/robot/exereunwntas-to-diastrima-me-robot/>

[14] Ελληνική κοινότητα ρομποτικής

www.grobot.gr

[15] Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, “Εισαγωγικές σημειώσεις ρομποτικής”.

http://courseware.mech.ntua.gr/ml23419/robotics_pdf/intro.pdf

[16] Εργαστήριο ρομποτικής

<http://users.sch.gr/jenyk/index.php/robotics/11-robotics/17-whatisroboticswhatisrobot>

[17] Εισαγωγικά : Ατμόσφαιρα της Γής

http://en.wikipedia.org/wiki/Atmosphere_of_Earth

[18] Degrees of freedom (mechanics)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Degrees_of_freedom_\(mechanics\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Degrees_of_freedom_(mechanics))

[19] Οδηγός κατασκευής ρομποτικού βραχίονα

http://www.societyofrobots.com/robot_arm_tutorial.shtml

[20] Νικόλαος Θέμελης, Διπλωματική εργασία, «Έλεγχος κινήσεων στα πνευματικά συστήματα»

http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/562/1/themelisin_plc.pdf

[21] Πνευματικά συστήματα

http://resources.hkedcity.net/res_files/201101/20110128101153_259037.pdf

[22] Πνευματικά Σύμβολα, SMC Corporation

[http://www.smc.eu/portal/NEW_EBP/18\)Introduction_of_cat/18.1\)Intro/c\)Pneumatics_S/pn_symbols_EU.pdf](http://www.smc.eu/portal/NEW_EBP/18)Introduction_of_cat/18.1)Intro/c)Pneumatics_S/pn_symbols_EU.pdf)

[23] Πνευματικά Σύμβολα, Σχεδιασμός διαγράμματος συστήματος και εντοπισμό των στοιχείων.

<http://blog.utp.edu.co/ricosta/files/2011/08/SIMBOLOGIA-NEUMATICA-ISO-1219-1.pdf>

[24] Atlas Engineering Company

<http://www.ashwinshah.com/catalogs/Selection%20Guidelines.pdf>

[25] NORGREN Company

http://resources.norgren.com/document_resources/PDF_links/product_literature/brochures/actuators/actuators_guide/actuator_guide.pdf

[26] SVF Flow Controls, Inc

http://www.svf.net/resources/How_to_Select_an_Actuator.pdf

[27] SMC Corporation, Air Consumption and Required Air Flow

<http://www.smcworld.com/docs/md1/v35gaiyou/htmlENG/1-5-6.htm>

[28] Ardhendu Prasad Nanda, Project report, “Design & Development of a Two-jaw parallel Pneumatic Gripper for Robotic Manipulation”

http://ethesis.nitrkl.ac.in/1803/1/Ardhendu_Thesispdf.pdf

[29] Robotiq Company, «Λειτουργία πνευματικών και επενεργητών».

<http://blog.robotiq.com/bid/65604/How-Pneumatic-End-Effectors-Work>

[30] Norgen Company, Χρόνος απόκρισης ηλεκτροβαλβίδων.

http://www.fas.ch/info_tech_temps_reponse.asp?Langue=english

[31] Χατζηκυριάκου Γιώργος, Τομέα Πληροφορικής της Σχολής Ικάρων, «Μάθετε το Arduino»,

<http://t-h.wikispaces.com/file/view/ΕισαγωγήστοArduino.pdf>

[32] «Οι Μικροελεγκτές ATMEΛ AVR»

http://www.microplanet.gr/tutorials/microcontrollers/atmel/atmel_avr

[33] «ATMEΛ AVR»

http://en.wikipedia.org/wiki/Atmel_AVR

[34] Περιοδικό deltaHacker. «Εισαγωγή στο Arduino»,

<http://deltahacker.gr/2009/08/01/arduino-intro/>

[35] Arduino MEGA 2560 R3

<http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560>

Προγράμματα

[36] Autodesk Design Software v.2014,

<http://www.autodesk.com/>

[37] Fritzing v.0.8.5,

<http://fritzing.org/home/>

[38] OrCAD Cadence v.16.5,

<http://www.orcad.com/>

[39] Proteus Design Suite v.8.0,

<http://www.labcenter.com/index.cfm>

[40] Arduino IDE,

<http://arduino.cc/>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β΄

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1 Μηχανικός σκύλος Aibo της Sony [12]	10
Εικόνα 1.2 Αυτόματη Θεραπεινίδα [11].....	10
Εικόνα 1.3 Πετομηχανή [9]	11
Εικόνα 1.4 Μηχανισμός των Αντικυθήρων[6]	11
Εικόνα 1.5 Ανθρωποειδές ρομπότ Leonardo Da Vinci.[6]	11
Εικόνα 2.1 Πρισματικές αρθρώσεις [15]	18
Εικόνα 2.2 Περιστροφικές Αρθρώσεις [15]	18
Εικόνα 2.3 Σφαιρικές Αρθρώσεις [15]	18
Εικόνα 2.4 Ανθρωπομορφικός Βραχίονας	19
Εικόνα 2.5 Σφαιρικός Βραχίονας	19
Εικόνα 2.6 Κυλινδρικός Βραχίονας.....	19
Εικόνα 2.7 Ορθογώνιος Βραχίονας	19
Εικόνα 2.8 Μηχανικό Διάγραμμα Σώματος βραχίονα.....	21
Εικόνα 2.9 Μοντέλο Ρομποτικού Βραχίονα	22
Εικόνα 2.10 Οριζόντια περιστροφή	23
Εικόνα 2.11 Μεταφορική κίνηση	23
Εικόνα 2.12 Τριδιάστατη προσέγγιση περιβάλλον εργασίας.....	24
Εικόνα 2.13 Βάση στην επιφάνεια εργασίας	25
Εικόνα 2.14 Βάση Περιστροφικού ενεργοποιητή	25
Εικόνα 2.15 Σχέδιο Περιστροφικού Ενεργοποιητή	25
Εικόνα 2.16 Άρθρωση πνευματικού περιστροφικού – κυλίνδρου	25
Εικόνα 2.17 Σχέδιο Πνευματικού Αρπαγές	26
Εικόνα 2.18 Άρθρωση πνευματικού κυλίνδρου – αρπάγες	26
Εικόνα 2.19 Βάση Πνευματικού κυλίνδρου	26
Εικόνα 2.20 Άρθρωση πνευματικού κυλίνδρου – κυλίνδρου.....	26
Εικόνα 2.21 Φωτογραφία Βραχίονα.....	27
Εικόνα 2.22 Φωτογραφία υλικών	27
Εικόνα 3.1 Γεωμετρικό ύψος σε σχέση με την πυκνότητα και την πίεση του αέρα, την ταχύτητα του ήχου και τις θερμοκρασίας [17]	30
Εικόνα 3.2 Μέτρηση της πίεσης και απόλυτες πιέσεις[2].....	31
Εικόνα 3.3 Αεροσυμπιεστής.....	32
Εικόνα 3.4 Πνευματικό σύμβολο.....	32

Εικόνα 3.5 Φίλτρο.....	33
Εικόνα 3.6 Ρυθμιστής πίεσης.....	33
Εικόνα 3.7 Λιπαντήρας	33
Εικόνα 3.8 Ρυθμιστής πίεσης	34
Εικόνα 3.9 Πνευματικό σύμβολο ρυθμιστή πίεσης	34
Εικόνα 3.10 Πνευματικό Σύμβολο	35
Εικόνα 3.11 Πνευματικό Σύμβολο Με Ελατήριο	35
Εικόνα 3.12 Εσωτερικό Κυλίνδρου [21].....	36
Εικόνα 3.13 Κύλινδρος Διπλής Ενέργειας.....	36
Εικόνα 3.14 Πνευματικό σύμβολο.....	36
Εικόνα 3.15 Δυνάμεις εσωτερικά του κυλίνδρου	38
Εικόνα 3.16 Ένα τυπικός περιστροφικός ενεργοποιητής [25].....	42
Εικόνα 3.17 Πνευματικός Περιστροφικός Ενεργοποιητής	42
Εικόνα 3.18 Πνευματικό σύμβολο περιστροφικού ενεργοποιητή.....	42
Εικόνα 3.19 Πνευματικά σύμβολα των Gripper.....	44
Εικόνα 3.20 Γωνιακός Gripper.....	44
Εικόνα 3.21 Παράλληλος Gripper.....	45
Εικόνα 4.1 Βαλβίδα ελέγχου 5/2.....	49
Εικόνα 4.2 Βαλβίδα ελέγχου 3/2 (κανονικά κλειστή)	50
Εικόνα 4.3 Ενεργοποιητής με ελατήριο.....	50
Εικόνα 4.4 Παράδειγμα θέσεων ηλεκτροπνευματικής βαλβίδας 5/3	51
Εικόνα 4.5 Διάγραμμα χρόνων απόκρισης σωληνοειδούς βαλβίδας ελέγχου [30]	53
Πίνακας 4.6 Συντελεστής Συμπύεσης - Μ παράγοντας [24].....	54
Εικόνα 4.7 Ηλεκτροβαλβίδα 5/3 ενδιάμεση κατάσταση κλειστή.....	56
Εικόνα 4.8 Ηλεκτροβαλβίδα Ρομποτικού Βραχίονα	56
Εικόνα 5.1 Σχεδιάγραμμα πνευματικού συστήματος [2].....	57
Εικόνα 5.2 Σχέδιο Πνευματικού Συστήματος.....	59
Πίνακας 6.1 Σύγκριση Μικροελεγκτών ATmega.....	63
Εικόνα 6.2 Αισθητήρας ήχου Μικρόφωνο.....	67
Εικόνα 6.3 Μονάδα Υπερήχων Μέτρηση Απόστασης	67
Εικόνα 6.4 Shield έγχρωμης οθόνης	68
Εικόνα 6.5 Shield RGB Οθόνης Adafruit.....	68
Εικόνα 6.6 Arduino Sainsmart Mega2560 R3	69
Εικόνα 7.1 Λειτουργικό Διάγραμμα	70
Εικόνα 7.2 Πρωτότυπο Κύκλωμα στον υπολογιστή	71
Εικόνα 7.3 Πληκτρολόγιο Ελέγχου Κινήσεων	72
Εικόνα 7.4 Οθόνη Ένδειξης Λειτουργίας – Nokia 5110.....	72

Εικόνα 7.5 Μονάδα Επέκτασης Ρελέ.....	73
Εικόνα 7.6 Σχηματικό Διάγραμμα Μονάδας Επέκτασης - Τεσσάρων Relay	74
Εικόνα 7.7 Τροφοδοτικό Κατασκευής	75
Πίνακας 7.8 Θεωρητικές Τιμές Τάσης Εξόδου	76
Εικόνα 7.9 Γράφημα Τάσης Εξόδου - σε σχέση με την αντίσταση ποτενσιόμετρου.	77
Εικόνα 7.10 Κυκλωματικό Σχέδιο Πλακέτα Τροφοδοσίας.....	78
Εικόνα 7.11 Σχέδιο Εκτύπωσης Πλακέτα Τροφοδοσίας.....	78
Εικόνα 7.12 Τρισδιάστατη Απεικόνιση Πλακέτα Τροφοδοσίας.....	78
Εικόνα 7.13 Πλακέτα Τροφοδοσίας	79
Εικόνα 7.15 Τρισδιάστατη Απεικόνιση Πλακέτας Οθόνης	79
Εικόνα 7.14 Κυκλωματικό σχέδιο πλακέτας οθόνης.....	79
Εικόνα 7.16 Σχέδιο Εκτύπωσης πλακέτας οθόνης	79
Εικόνα 8.1 Περιβάλλον Ανάπτυξης Arduino	80
Εικόνα 8.2 Διάγραμμα ροής.....	84

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ΄
ΦΥΛΛΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

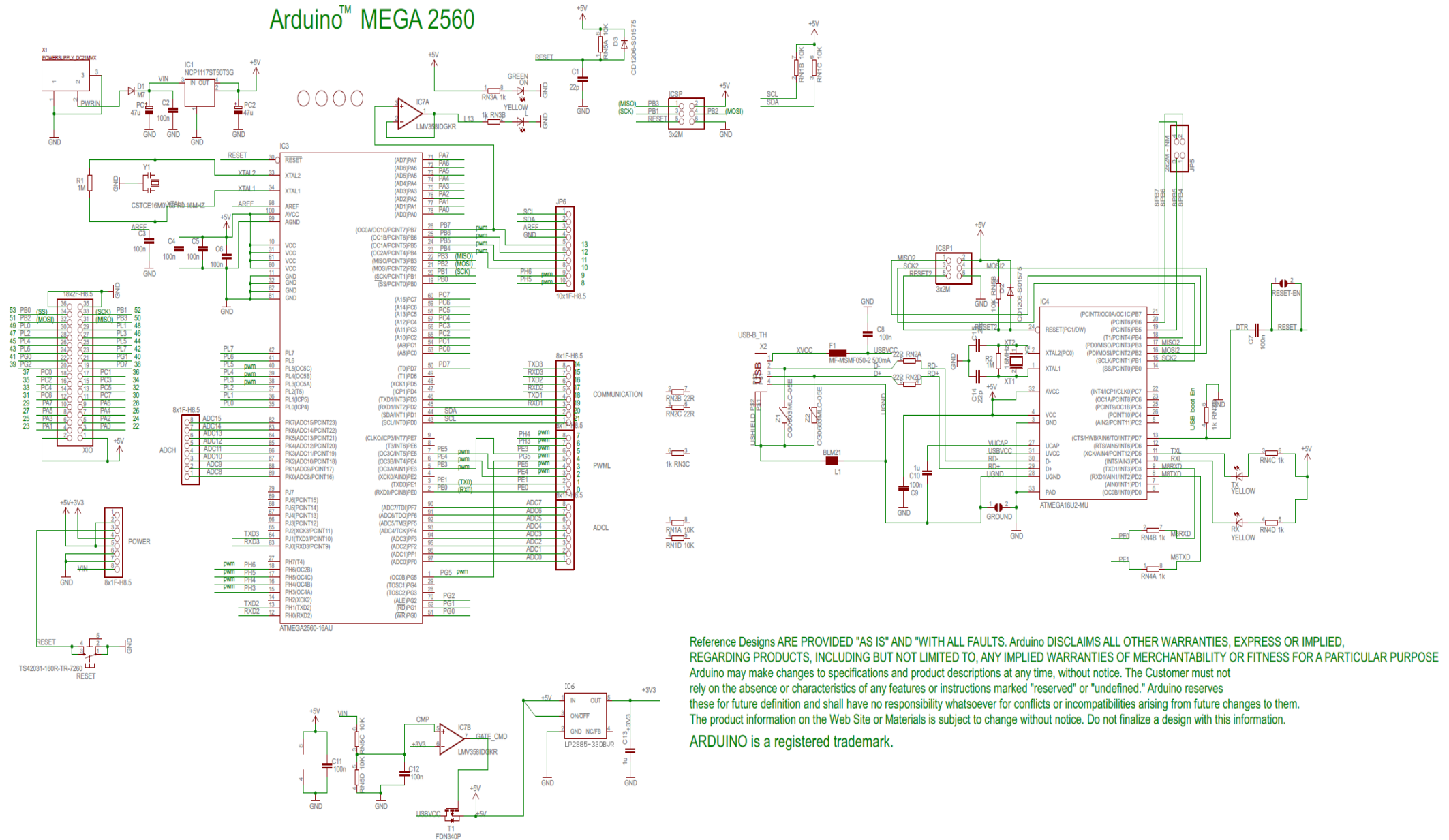
Πίνακας Υλικών

Part Name	Details	Quantity	Model	Datasheets
<i>PNEUMATICS PARTS</i>				
Pneumatic Cylinder	32mm Bore 150mm Stroke Dual Action Single Rod	2	SC 32 x 150	http://www.smc.eu/portal/NEW_EBP/18%29Introduction_of_cat/18.1%29Intro/e%29Air_Cylinder/cilind_s_EU.pdf http://www.smclv.lv/failai/MB_EU.pdf
Pneumatic Air Valve	5/3 Position Double Solenoid DC12V LED Coil Port Size: Air Inlet=Air Outlet=1/4" Exhaust=1/8" BSPT	4	4V230-08C-DC12	http://www.voguepc.com/upfiles/120513033202.pdf
SMC Adjustable Range Rotary Actuator	max. Operating pressure: 1 MPa Ambient and fluid temp. 0 - 60 ° C (condensation free) Cushioning: elastic damping Angle adjustment range: 0 - 190 ° max. Swivel angle: 190 ° Piston diameter: 15 Port size: M5 Allowable Thrust Load, Through: 74N, Forth: 78N	1	MSQB10A	http://content.smcetech.com/pdf/msq.pdf
SMC Pneumatic Parallel Gripper	Parallel Double Acting Open force: 66 N Close force: 42 N	1	MHZ2-20D	http://www.smc.eu/portal/NEW_EBP/10%29Air_Gripper/10.2%29Parallel_style/b%29MHZ2/MHZ_EU.pdf

RACOR & CABLES				
PU AIR Tubing Pipe Hose	6mm(OD)x4mm(ID) 5xmeter Black	1		Temperature range: -15°C to +70°C Recommended working pressure: 1.2Mpa(174PSI)
PU AIR Tubing Pipe Hose	6mm(OD)x4mm(ID) 5xmeter Blue	1		Temperature range: -15°C to +70°C Recommended working pressure: 1.2Mpa(174PSI)
Push In Connect	Threaded 1/8" - Tube (OD) 6mm	8		
Push In Connect	Threaded 1/4" - Tube (OD) 6mm	12		
Pneumatic Muffler Silencer	1/8" Valve	8		
Pneumatic Air Hose Piping 5 Way One Touch Fitting Quick Coupler	8mm to 8mm	1		
Nylon PVC PU Plastic Tube & Hose Pipe Cutter Blade	Cut Up To 12mm Pneumatic tool	1		
EXTRA RACOR/CABLES/CONVERTERS		1		
Compressor Budget		1		
REGULATOR with fluid trap R 1/4 EINHELL externally threaded & lubricator		1		
Electronics				
Layout PCB		1		
Electronic Components and PCB		1		
Electrical cables		1		
Universal 12/24V 2/3/5/10/15/20/30A Switching Power Supply Driver for LED Strip	12V 15A 180W	1		
4-Relay Module Relay expansion Arduino 12V NEW	12V DC power supply, control-signals can be directly connected to microcontroller IO port.	2		http://elecfrakes.com/store/download/datasheet/breakout/Relay/SRD(T73).pdf

Arduino Joystick Analog Expansion Board JoyStick Shield		1		
84x48 Pixel Screen LCD Module White Backlight Adapter PCB For Nokia 5110 Arduino		1		http://www.geeetech.com/Documents/Nokia5110%20datasheet.pdf
Arduino SainSmart Mega2560 R3	PCB Programmable Board	1		http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560
LM317T				http://www.fairchildsemi.com/ds/LM/LM317.pdf
<i>MECHANICAL & DESK PARTS</i>				
IKEA 14/2/2013	Table Bracket	1		
Workshop metal costs	Galvanized Metals for Hangers-Angles	1		
Extra Costs	Oil & Screws	1		

Arduino™ MEGA 2560



Reference Designs ARE PROVIDED "AS IS" AND "WITH ALL FAULTS. Arduino DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING PRODUCTS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. Arduino may make changes to specifications and product descriptions at any time, without notice. The Customer must not rely on the absence or characteristics of any features or instructions marked "reserved" or "undefined." Arduino reserves these for future definition and shall have no responsibility whatsoever for conflicts or incompatibilities arising from future changes to them. The product information on the Web Site or Materials is subject to change without notice. Do not finalize a design with this information.

ARDUINO is a registered trademark.

KA317 / LM317

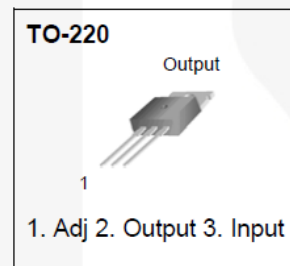
3-Terminal Positive Adjustable Regulator

Features

- Output-Current In Excess of 1.5 A
- Output-Adjustable Between 1.2 V and 37 V
- Internal Thermal Overload Protection
- Internal Short-Circuit Current Limiting
- Output-Transistor Safe Operating Area Compensation
- TO-220 Package

Description

This monolithic integrated circuit is an adjustable 3-terminal positive-voltage regulator designed to supply more than 1.5 A of load current with an output voltage adjustable over a 1.2 V to 37 V range. It employs internal current limiting, thermal shutdown, and safe area compensation.



Absolute Maximum Ratings

Stresses exceeding the absolute maximum ratings may damage the device. The device may not function or be operable above the recommended operating conditions and stressing the parts to these levels is not recommended. In addition, extended exposure to stresses above the recommended operating conditions may affect device reliability. The absolute maximum ratings are stress ratings only. Values are at $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Value	Unit
$V_I - V_O$	Input-Output Voltage Differential	40	V
T_{LEAD}	Lead Temperature	230	$^\circ\text{C}$
T_J	Operating Junction Temperature Range	0 to +125	$^\circ\text{C}$
T_{STG}	Storage Temperature Range	-65 to +125	$^\circ\text{C}$
$\Delta V_O / \Delta T$	Temperature Coefficient of Output Voltage	± 0.02	$\% / ^\circ\text{C}$

Thermal Characteristics

Symbol	Parameter	Value	Units
P_D	Power Dissipation	Internally Limited	W
$R_{\theta\text{JA}}$	Thermal Resistance, Junction to Ambient	80	$^\circ\text{C}/\text{W}$
$R_{\theta\text{JC}}$	Thermal Resistance, Junction to Case	5	$^\circ\text{C}/\text{W}$

Electrical Characteristics

$V_I - V_O = 5\text{ V}$, $I_O = 0.5\text{ A}$, $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$, $I_{MAX} = 1.5\text{ A}$, $P_{DMAX} = 20\text{ W}$, unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
R_{LINE}	Line Regulation ⁽¹⁾	$T_A = +25^\circ\text{C}$, $3\text{ V} \leq V_I - V_O \leq 40\text{ V}$		0.01	0.04	%/V
		$3\text{ V} \leq V_I - V_O \leq 40\text{ V}$		0.02	0.07	%/V
R_{LOAD}	Load Regulation ⁽¹⁾	$T_A = +25^\circ\text{C}$, $10\text{ mA} \leq I_O \leq I_{MAX}$	$V_O < 5\text{ V}$	18	25	mV
			$V_O \geq 5\text{ V}$	0.4	0.5	%/V _O
		$10\text{ mA} \leq I_O \leq I_{MAX}$	$V_O < 5\text{ V}$	40	70	mV
			$V_O \geq 5\text{ V}$	0.8	1.5	%/V _O
I_{ADJ}	Adjustable Pin Current		46	100	μA	
ΔI_{ADJ}	Adjustable Pin Current Change	$3\text{ V} \leq V_I - V_O \leq 40\text{ V}$, $10\text{ mA} \leq I_O \leq I_{MAX}$, $P_D \leq P_{MAX}$		2.0	5.0	μA
V_{REF}	Reference Voltage	$3\text{ V} \leq V_{IN} - V_O \leq 40\text{ V}$, $10\text{ mA} \leq I_O \leq I_{MAX}$, $P_D \leq P_{MAX}$	1.20	1.25	1.30	V
ST_T	Temperature Stability			0.7		%/V _O
$I_{L(MIN)}$	Minimum Load Current to Maintain Regulation	$V_I - V_O = 40\text{ V}$		3.5	12.0	mA
$I_{O(MAX)}$	Maximum Output Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$	$V_I - V_O \leq 15\text{ V}$, $P_D \leq P_{MAX}$	1.5	2.2	A
			$V_I - V_O \leq 40\text{ V}$, $P_D \leq P_{MAX}$		0.3	A
e_N	RMS Noise, % of V _{OUT}	$T_A = +25^\circ\text{C}$, $10\text{ Hz} \leq f \leq 10\text{ kHz}$		0.003	0.010	%/V _O
RR	Ripple Rejection	$V_O = 10\text{ V}$, $f = 120\text{ Hz}$ without C_{ADJ}		60		dB
		$C_{ADJ} = 10\ \mu\text{F}^{(2)}$	66	75		dB
ST	Long-Term Stability, $T_J = T_{HIGH}$	$T_A = +25^\circ\text{C}$ for End Point Measurements, 1000 HR		0.3	1.0	%

Notes:

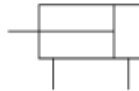
- Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Change in V_D due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used ($P_{MAX} = 20\text{ W}$).
- C_{ADJ} , when used, is connected between the adjustment pin and ground.

Standard: Double Acting Single Rod *Series MB*

Specifications



JIS Symbol
Double acting



Bore size (mm)	32	40	50	63	80	100
Action	Double acting single rod					
Fluid	Air					
Proof pressure	1.5MPa					
Max. operating pressure	1.0MPa					
Min. operating pressure	0.05MPa					
Ambient and fluid temperature	Without auto switch: -10 to 70°C (No freezing)					
	With auto switch: -10 to 60°C (No freezing)					
Lubrication	Not required (Non-lube)					
Operating piston speed	50 to 1000mm/s					
Allowable stroke tolerance	up to 250: $^{+1.0}_0$, 251 to 1000: $^{+1.4}_0$, 1001 to 1500: $^{+1.8}_0$					
Cushion	Both ends (Air cushion) ⁽¹⁾					
Thread tolerance	JIS class 2					
Port size	Rc(PT)1/8	Rc(PT)1/4	Rc(PT)1/4	Rc(PT)3/8	Rc(PT)3/8	Rc(PT)1/2
Mounting	Basic, Foot, Front flange, Rear flange, Single clevis, Double clevis, Center trunnion					

Note 1) When requesting a cylinder without air cushion, cylinder utilizes rubber bumpers which increases cylinders overall length.

Standard Stroke

Bore (mm)	Standard stroke (mm)	Max. stroke
32	25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500	700
40	25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500	800
50	25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600	1200
63	25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600	1200
80	25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800	1400
100	25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800	1500

Intermediate strokes are available.



Made to Order

Refer to p.5.4-1 for made to order products of series MB.

Accessories

Mounting		Basic	Foot	Front flange	Rear flange	Single clevis	Double clevis	Center trunnion
Standard	Rod end nut	●	●	●	●	●	●	●
	Clevis pin	—	—	—	—	—	●	—
Option	Single knuckle joint	●	●	●	●	●	●	●
	Double knuckle joint (with pin)	●	●	●	●	●	●	●
	Rod boot	●	●	●	●	●	●	●

Material of Rod Boot

Symbol	Material	Max. ambient temp.
J	Nylon tarpaulin	60°C
K	Heat resistant tarpaulin	110°C*

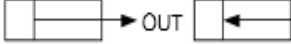
* Max. ambient temperature for rod boot itself.

Minimum Cylinder Stroke for Mounting Auto Switches

Refer to p.1.8-14 for "Minimum Cylinder Stroke for Mounting Auto Switches".

Series MB

Theoretical Force

(Unit: N) 

Bore size (mm)	Rod diameter (mm)	Operating direction	Piston area (mm ²)	Operating pressure (MPa)								
				0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
32	12	OUT	804	161	241	322	402	482	563	643	724	804
		IN	691	138	207	276	346	415	484	553	622	691
40	16	OUT	1257	251	377	503	629	754	880	1006	1131	1257
		IN	1056	211	317	422	528	634	739	845	950	1056
50	20	OUT	1963	393	589	785	982	1178	1374	1570	1767	1963
		IN	1649	330	495	660	825	989	1154	1319	1484	1649
63	20	OUT	3117	623	935	1247	1559	1870	2182	2494	2805	3117
		IN	2803	561	841	1121	1402	1682	1962	2242	2523	2803
80	25	OUT	5027	1005	1508	2011	2514	3016	3519	4022	4524	5027
		IN	4536	907	1361	1814	2268	2722	3175	3629	4082	4536
100	30	OUT	7854	1571	2356	3142	3927	4712	5498	6283	7069	7854
		IN	7147	1429	2144	2859	3574	4288	5003	5718	6432	7147

Note) Theoretical force (N)=Pressure (MPa) X Piston area (mm²)

Weight/Aluminum Tube

(kg)

Bore size (mm)		32	40	50	63	80	100	
Basic weight	Basic	0.50	0.69	1.19	1.47	2.73	3.70	
	Foot	0.62	0.83	1.41	1.75	3.23	4.36	
	Flange	0.79	1.06	1.64	2.26	4.18	7.01	
	Single clevis	0.75	0.92	1.53	2.10	3.84	6.87	
	Double clevis	0.76	0.96	1.62	2.26	4.13	7.39	
	Trunnion	0.79	1.05	1.67	2.27	4.28	7.37	
Additional weight per 50 stroke		All mounting bracket	0.11	0.16	0.26	0.27	0.42	0.56
Accessories	Single knuckle joint	0.15	0.23	0.26	0.26	0.60	0.83	
	Double knuckle joint (with pin)	0.22	0.37	0.43	0.43	0.87	1.27	
Square tube	Additional weight to the basic weight*	0.03	0.03	0.05	0.07	0.11	0.13	
	Additional weight per 50 stroke	0.16	0.21	0.33	0.37	0.56	0.72	

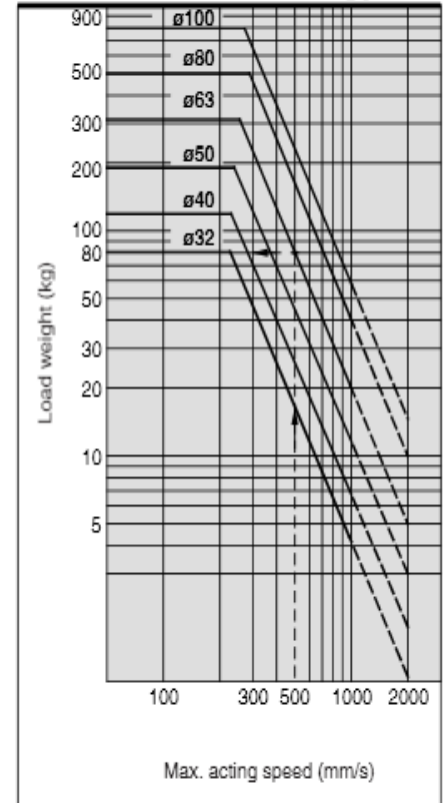
Calculation example: **MBB32-100** (Basic, ø32, 100st)

- Basic weight 0.50 (Basic, ø32)
 - Additional weight ... 0.11/50 stroke
 - Cylinder stroke 100 stroke
- 0.50+0.11X100/50=0.72kg

Cushion Mechanism

Refer to p.5.6-5 for details of maximum kinetic energy absorption and air cushions.

Allowable Kinetic Energy



Example: Load limit at rod end when air cylinder ø63 is actuated with max. actuating speed 500mm/s. See the intersection of lateral axis 500mm/s and ø63 line, and extend the intersection to left. Thus the allowable load is 80kg.

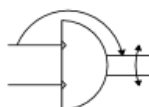
Series MSQ



High precision type/MSQA

Basic type/MSQB

JIS symbol



Specifications

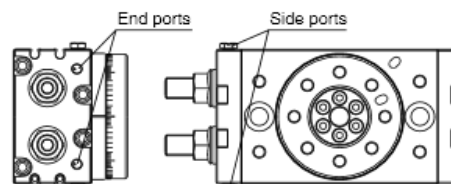
Size	10	20	30	50	70	100	200
Fluid	Air (non-lube)						
Maximum operating pressure	With adjustment bolt	1 MPa					
	With internal shock absorber	0.6 MPa ^{Note 1)}					
Minimum operating pressure	Basic type	0.1 MPa					
	High precision type	0.2 MPa	0.1 MPa		—		
Ambient and fluid temperature	0 to 60°C (with no freezing)						
Cushion	With adjustment bolt	Rubber bumper					
	With internal shock absorber	Shock absorber					
Shock absorber model	RBA0805-X692	RBA1006-X692	RBA1411-X692	RBA2015-X821	RBA2725-X821		
Angle adjustment range	0 to 190° ^{Note 2)}						
Maximum rotation	190°						
Cylinder bore size	ø15	ø18	ø21	ø25	ø28	ø32	ø40
Port size	End ports	M5 x 0.8		Rc 1/8, G 1/8, NPT 1/8			
	Side ports	M5 x 0.8					

Note 1) The maximum operating pressure of the actuator is restricted by the maximum allowable thrust of the shock absorber.

Note 2) Be careful if the rotation angle of a type with internal shock absorber is set below the value in the table below, the piston stroke will be smaller than the shock absorber's effective stroke, resulting in decreased energy absorption ability.

Size	10	20	30	50	70	100	200
Minimum rotation angle that will not allow decrease of energy absorption ability	52°	43°	40°	60°	71°	62°	82°

The service life of the shock absorber may be different from the rotary table body depending on the operating conditions. Refer to Specific Product Precautions for the suitable replacement period.



Allowable Kinetic Energy and Rotation Time Adjustment Range

Size	Allowable kinetic energy (J) ^{Note 1)}		Rotation time adjustment range for stable operation (s/90°)	
	With adjustment bolt	With internal shock absorber	With adjustment bolt	With ^{Note 2)} internal shock absorber
10	0.007	0.039	0.2 to 1.0	0.2 to 0.7
20	0.025	0.116		
30	0.048	0.116		
50	0.081	0.294	0.2 to 1.5	0.2 to 1.0
70	0.240	1.100	0.2 to 2.0	
100	0.320	1.600	0.2 to 2.5	
200	0.560	2.900		

Note 1) If operated where the kinetic energy exceeds the allowable value, this may cause damage to the internal parts and result in product failure. Please pay special attention to the kinetic energy levels when designing and during operation to avoid exceeding the allowable limit.

Note 2) When the rotation time of the type with an internal absorber is set longer than the time shown in the table above, energy absorption of the shock absorber greatly decreases.

Mass

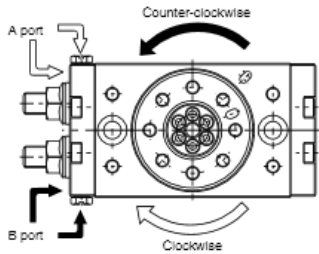
(g)

Size	10	20	30	50	70	100	200
Basic type	With adjustment bolt	530	990	1290	2080	2880	7580
	With internal shock absorber	540	990	1290	2100	2890	7650
High precision type	With adjustment bolt	560	1090	1410	2240	—	
	With internal shock absorber	570	1090	1410	2260	—	

Note) Values above do not include auto switch mass.

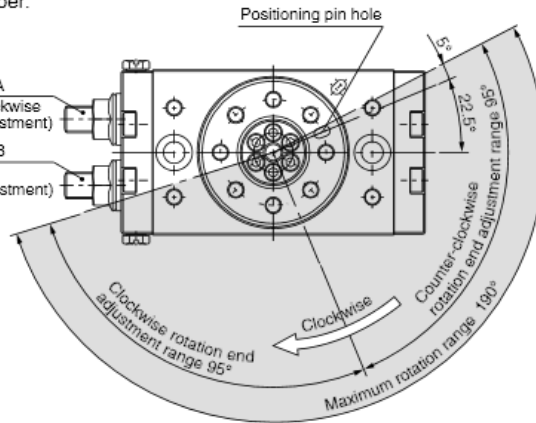
Rotation Direction and Rotation Angle

- The rotary table turns in the clockwise direction where the A port is pressurized, and in the counter-clockwise direction when the B port is pressurized.
- By adjusting the adjustment bolt, the rotation end can be set within the ranges shown in the drawing.
- The rotation angle can also be set on a type with internal absorber.



Adjustment bolt A
(For counter-clockwise rotation end adjustment)

Adjustment bolt B
(For clockwise rotation end adjustment)



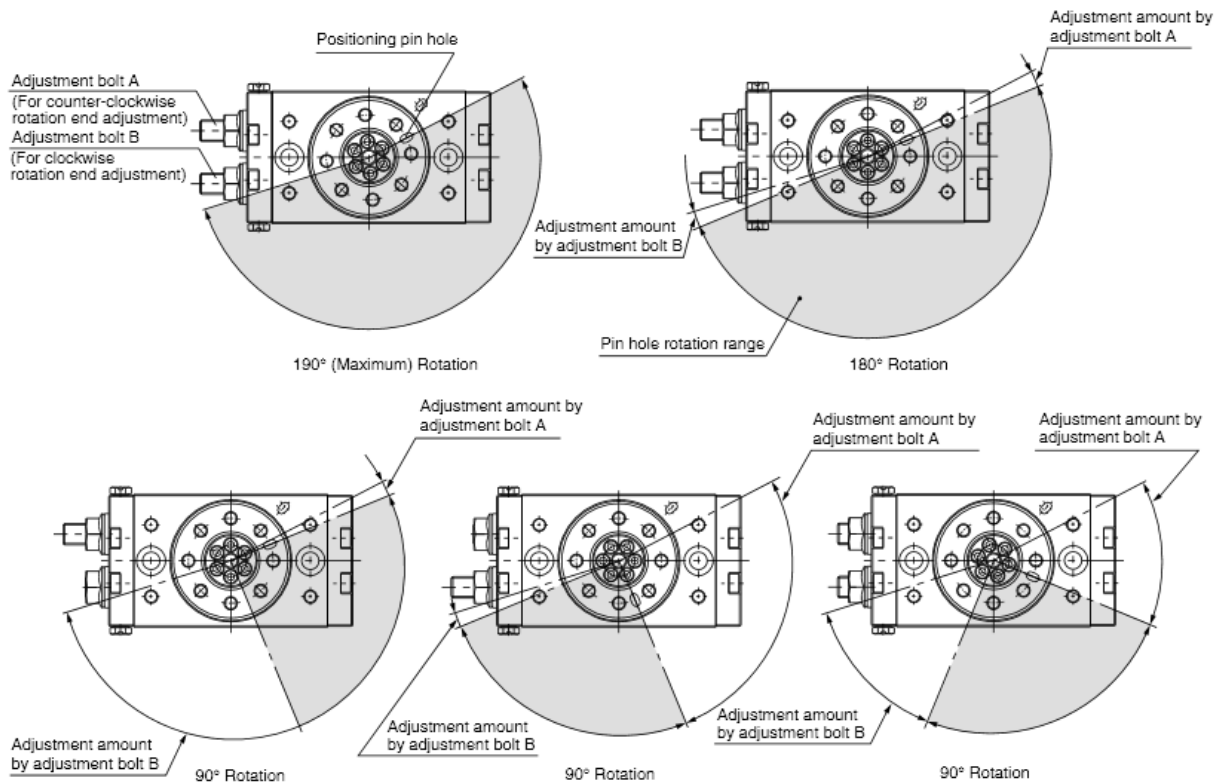
With adjust bolt, internal shock absorber

Size	Adjustment angle per rotation of angle adjustment screw
10	10.2°
20	7.2°
30	6.5°
50	8.2°
70	7.0°
100	6.1°
200	4.9°

Note) • The drawing shows the rotation range of the positioning pin hole.
• The pin hole position in the drawing shows the counter-clockwise rotation end when the adjustment bolts A and B are tightened equally and the rotation is adjusted 180°.

Rotation Range Example

- Various rotation ranges are possible as shown in the drawings below using adjustment bolts A and B. (The drawings also show the rotation ranges of the positioning pin hole.)
- The rotation angle can also be set on a type with inertial absorber.



- CRB2
- CRBU2
- CRB1
- MSU
- CRJ
- CRA1
- CRQ2
- MSQ**
- MSZ
- CRQ2X
- MSQX
- MRQ

D-□

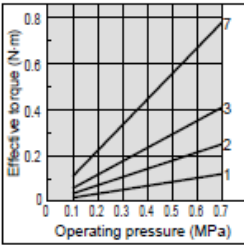
Effective Torque

Unit: N·m

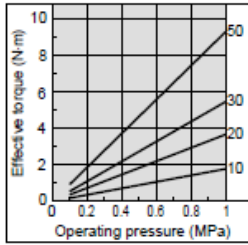
Size	Operating pressure (MPa)									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
1	0.017	0.035	0.052	0.070	0.087	0.10	0.12	—	—	—
2	0.035	0.071	0.11	0.14	0.18	0.21	0.25	—	—	—
3	0.058	0.12	0.17	0.23	0.29	0.35	0.41	—	—	—
7	0.11	0.22	0.33	0.45	0.56	0.67	0.78	—	—	—
10	0.18	0.36	0.53	0.71	0.89	1.07	1.25	1.42	1.60	1.78
20	0.37	0.73	1.10	1.47	1.84	2.20	2.57	2.93	3.29	3.66
30	0.55	1.09	1.64	2.18	2.73	3.19	3.82	4.37	4.91	5.45
50	0.9	1.85	2.78	3.71	4.64	5.57	6.50	7.43	8.35	9.28
70	1.36	2.72	4.07	5.43	6.79	8.15	9.50	10.9	12.2	13.6
100	2.03	4.05	6.08	8.11	10.1	12.2	14.2	16.2	18.2	20.3
200	3.96	7.92	11.9	15.8	19.8	23.8	27.7	31.7	35.6	39.6

Note) Effective torque values are representative values and not to be considered as guaranteed values. Use them as a guide.

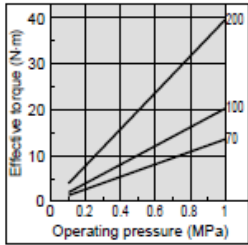
Size: 1 to 7



Size: 10 to 50



Size: 70 to 200



Allowable Load

Do not allow the load and moment applied to the table to exceed the allowable values shown in the table below. (Operation beyond the allowable values can cause adverse effects on service life, such as play in the table and loss of accuracy.)

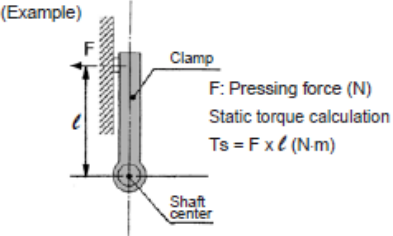
Size	Allowable radial load (N)		Allowable thrust load (N)				Allowable moment (N·m)	
	Basic type	High precision type	(a)		(b)		Basic type	High precision type
			Basic type	High precision type	Basic type	High precision type		
1	31	31	41	41	41	41	0.56	0.84
2	32	32	45	45	45	45	0.82	1.2
3	33	33	48	48	48	48	1.1	1.6
7	54	54	71	71	71	71	1.5	2.2
10	78	86	74	74	78	107	2.4	2.9
20	147	166	137	137	137	197	4.0	4.8
30	196	233	197	197	363	398	5.3	6.4
50	314	378	296	296	451	517	9.7	12.0
70	333	—	296	—	476	—	12.0	—
100	390	—	493	—	708	—	18.0	—
200	543	—	740	—	1009	—	25.0	—

Load Types

● **Static load: Ts**

A load as represented by the clamp which requires pressing force only

(During examination if it is decided to consider the mass of the clamp itself in the drawing below, it should be regarded as an inertial load.)

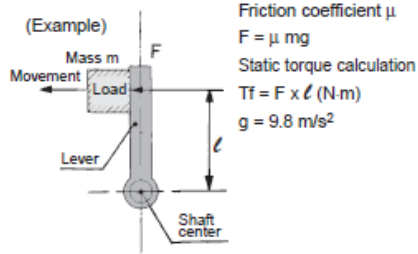


● **Resistance load: Tf**

A load that is affected by external forces such as friction or gravity

Since the object is to move the load, and speed adjustment is necessary, allow an extra margin of 3 to 5 times in the effective torque.

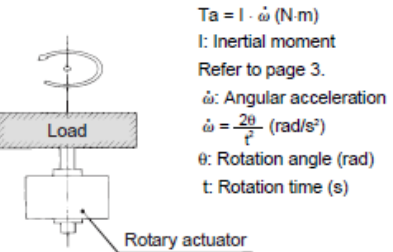
*Actuator effective torque $\geq (3 \text{ to } 5) T_f$
 (During examination if it is decided to consider the mass of the lever itself in the drawing below, it should be regarded as an inertial load.)



● **Inertial load: Ta**

A load that must be rotated by the actuator. Since the object is to rotate the inertial load, and speed adjustment is necessary, allow an extra margin of 10 times or more in the effective torque.

*Actuator effective torque $\geq S \cdot T_a$
 (S is 10 times or more)



Series MHZ2

ø6



ø10 to ø25

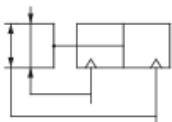


ø32, ø40

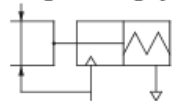


Symbols:

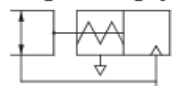
Double acting type



Single acting type, normally open



Single acting type, normally closed



Specifications

Fluid		Air	
Operating pressure	Double acting	ø6: 0.15 to 0.7MPa ø10: 0.2 to 0.7MPa ø16 to ø40: 0.1 to 0.7MPa	
	Single acting	Normally open	ø6: 0.3 to 0.7MPa ø10: 0.35 to 0.7MPa ø16 to ø40: 0.25 to 0.7MPa
Normally closed			
Ambient and fluid temperature		-10 to 60°C	
Repeatability		ø6 to ø25: ±0.01mm ø32, ø40: ±0.02mm	
Maximum operating frequency		ø6 to ø25: 180c.p.m. ø32, ø40: 60c.p.m.	
Lubrication		Non-lube	
Action		Double acting, Single acting	
Auto switch (option) ^{Note)}		Solid state switch (3 wire, 2 wire)	

Models

Action	Model	Bore size (mm)	Gripping force ^{Note 1)}		Opening/ Closing stroke (both sides) mm	Weight ^{Note 2)} g	
			Gripping force per finger Effective value N				
			External gripping force	Internal gripping force			
Double acting	MHZ2-6D	6	3.3	6.1	4	27	
	MHZ2-10D(N)	10	11	17	4	55	
	MHZ2-16D(N)	16	34	45	6	115	
	MHZ2-20D(N)	20	42	66	10	235	
	MHZ2-25D(N)	25	65	104	14	430	
	MHZ2-32D	32	158	193	22	715	
Single acting	MHZ2-40D	40	254	318	30	1275	
	Normally open	MHZ2-6S	6	1.9	—	4	27
		MHZ2-10S(N)	10	7.1		4	55
		MHZ2-16S(N)	16	27		6	115
		MHZ2-20S(N)	20	33		10	240
		MHZ2-25S(N)	25	45		14	435
		MHZ2-32S	32	131		22	760
	Normally closed	MHZ2-40S	40	217	30	1370	
		MHZ2-6C	6	—	3.7	4	27
		MHZ2-10C(N)	10		13	4	55
		MHZ2-16C(N)	16		38	6	115
		MHZ2-20C(N)	20		57	10	240
MHZ2-25C(N)		25	83		14	430	
MHZ2-32C	32	161	22		760		
MHZ2-40C	40	267	30	1370			

Note 1) Values based on pressure of 0.5MPa, gripping point L = 20mm, at center of stroke.

Note 2) Values excluding weight of auto switch.

Options

• Body options/End boss type

Symbol	Piping port position	Type of piping port						Applicable model	
		MHZ2-6	MHZ2-10	MHZ2-16	MHZ2-20	MHZ2-25	MHZ2-32	MHZ2-40	Double acting
Nil	Basic type	M3		M5				●	●
E	Side ported	—	M3	M5			—	●	●
W	Axial port	—	With ø4 One-touch fitting for coaxial tube				—	●	—
K	Axial port	—	With ø4 One-touch fitting				—	—	●
M	Axial port	—	M5				—	—	●

* For detailed body option specifications, refer to option specifications on page 5-32

4V200 Series Solenoid Valve, Pneumatic Control Valve



Ordering code

4V

Specification

4V:5/2(3) way solenoid valve

4A:5/2(3) way pneumatic control valve

3V:3/2 way solenoid valve

3A:3/2 way pneumatic control valve

2

Series

200 series

10

Coil and places

10:Single-head double-position

20:Double-head double-position

30C:Double-head three-position close centre

30E:Double-head three-position exhaust centre

30P:Double-head three-position Pressure centre

08

Port size

08: 1/8"

08: 1/4"

B

Joint pipe form and initial state

Blank:Pipe connection type

B:5/2 way plate connection type

5/3 way plate connection type

NC:3/2 way normal close type

NO:3/2 way normal open type

AC220V

Coil voltage

DC12V

DC24V

AC24V 50Hz/60Hz

AC110V 50Hz/60Hz

AC220V 50Hz/60Hz

AC380V 50Hz/60Hz

W

Electrical entry

Blank:Standard connector

LD:Brown connector with light

LDr:White connector with light

W: Lead wire type

Specifications

Model	4V210-06	4V220-06	4V230C-06	4V230E-06	4V230P-06	4V210-08	4V220-08	4V230C-08	4V230E-08	4V230P-08
	4A210-06	4A220-06	4A230C-06	4A230E-06	4A230P-06	4A210-08	4A220-08	4A230C-08	4A230E-08	4A230P-08
Position and way NO.	5/2 way		5/3Five-way			5/2 way		5/3 way		
Effective area	14mm ² (CV=0.78)		12mm ² (CV=0.67)			16mm ² (CV=0.89)		12mm ² (CV=0.67)		
Model	3V210-06	3V220-06	3A210-06	3A220-06	3V210-08	3V220-08	3A210-08	3A220-08		
Position and way NO.	3/2 way				3/2 way					
Effective area	14mm ² (CV=0.78)				16mm ² (CV=0.89)					
Port size	Air inlet=Air outlet=Exhaust=G1/8"				Air inlet=Air outlet=G1/4" Exhaust=G1/8"					
Fluid	40 micron filtered air									
Operation	Inside pilot type									
Operating pressure	0.15~0.8MPa									
Max. proof pressure	1.2MPa									
Temperature	5~50℃									
Allowable voltage	± 10% of rated voltage									
Power consumption	AC: 4.5VA DC: 3W									
Coil insulation & protection grade	Class F, IP65									
Electrical entry	Lead wire or connector									
Highest action frequency	5 cycle / second									
Shortest excitation time	0.05 second									