

Έλεγχος Ρομποτικού Βραχίονα Με Χρήση Labview

Κ. Καλοβρέκτης*, Δ. Βέντζας**

*ΤΕΙ Λαμίας Τμήμα Ηλεκτρονικής
e-mail: kkalovr@uth.gr

** ΤΕΙ Λάρισας Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών
e-mail: dventzas@uth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι ο έλεγχος των κινήσεων ενός ρομποτικού βραχίονα, με δυνατότητα εκμάθησης από την παράλληλη θύρα ενός υπολογιστή μέσω του προγράμματος Labview.

Ο ρομποτικός βραχίονας στον οποίο εφαρμόστηκε η μέθοδος ανήκει στην κατηγορία βραχίονα κυλινδρικού τύπου ως προς τις κινήσεις του στο χώρο. Οι ενεργοποιητές (actuators) που χρησιμοποιούνται είναι πνευματικοί κύλινδροι και πιστόνια. Το πρόγραμμα Labview λειτουργεί ως υπολογιστής ελέγχου στην επικοινωνία μεταξύ του χειριστή και του ρομποτικού βραχίονα μέσω της παράλληλης θύρας (Ipt) και ενός κυκλώματος διασύνδεσης ισχύος (power interface). Η αρπάγη του βραχίονα αποτελείται από μία “βεντούζα” αναρρόφησης αέρα (end effector). Ο βραχίονας μπορεί να μετακινεί, να τοποθετεί και να κάνει διάφορες στοιχειώδεις εργασίες στο χώρο. Εφαρμογές του βραχίονα αφορούν εργασίες περισυλλογής, μεταφοράς αντικειμένων, χειρισμών (material handling) σε εργαστηριακό και βιομηχανικό επίπεδο.

Ο προγραμματισμός στον υπό εφαρμογή βραχίονα εισάγει τρία είδη λειτουργίας (modes):

- **Χειροκίνητο χειρισμό**
- **Εκμάθηση** και
- **Αυτόματη λειτουργία του βραχίονα.**

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

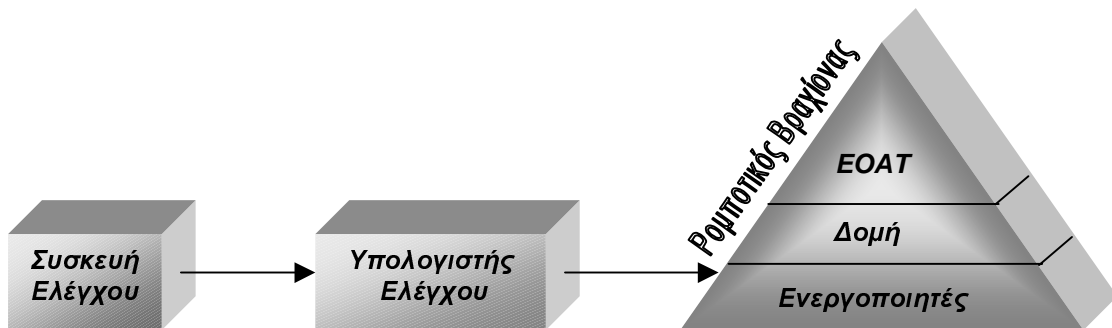
Τα ρομπότ συναρπάζουν τον άνθρωπο. Μια αρχική πηγή αυτής της γοητείας είναι η υπερβολική ευκολία με την οποία τα ρομπότ εκτελούν τις εργασίες που είναι πάρα πολύ δύσκολο ή επικίνδυνο να εκτελεστούν από τους ανθρώπους. Μπορεί να διαπιστωθεί ότι υπάρχουν πολλά αρχαία παραδείγματα με ανθρωπόμορφες μηχανές οι οποίες έκαναν διάφορες ελεύθερες κινήσεις και τροφοδοτούνταν από ατμό ή από νερό. Αν και αυτά δεν ήταν ρομπότ υπό την σύγχρονη έννοια του όρου, εντούτοις αυτό δηλώνει ότι οι αρχαίοι Έλληνες (“Ηρωνας”), Αιθίοπες και Κινέζοι αντιμετώπιζαν την πρόκληση να αποδώσουν ανθρώπινες κινήσεις σε μηχανικά στοιχεία.

Η πρώτη εμφάνιση ενός σύγχρονου ρομπότ έγινε στις αρχές του 20ου αιώνα. Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας των ρομπότ είχε σαν αποτέλεσμα να συμβάλλουν τα μέγιστα στην αύξηση της βιομηχανικής παραγωγής. Επιγραμματικά αναφέρουμε ότι ένα βιομηχανικό ρομπότ είναι ένας προγραμματιζόμενος, πολυσύνθετος χειριστής σχεδιασμένος έτσι ώστε να κινεί τα υλικά μέρη, τα εργαλεία ή τις ειδικευμένες συσκευές μέσω των διαφόρων προγραμματισμένων κινήσεων για την εκτέλεση ποικίλων στοιχειωδών εργασιών.

Παράλληλα η ανάπτυξη της τεχνολογίας των υπολογιστών είχε σαν συνέπεια να μας δώσει την δυνατότητα τις χρησιμοποιήσουμε σε πολλές εφαρμογές μέσα από πολυσύνθετα προγράμματα. Ένα από τα προγράμματα αυτά είναι το Labview, που χρησιμοποιεί γλώσσα προγραμματισμού τύπου G για την δημιουργία λογισμικού, ενώ η παράλληλη θύρα του υπολογιστή από άποψη υλικού είναι ένας ιδιαίτερα εύχρηστος, απλός και οικονομικός τρόπος διασύνδεσης για την επικοινωνία του συστήματος με άλλες βαθμίδες.

ΡΟΜΠΟΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΟΙΧΤΟΥ ΒΡΟΓΧΟΥ

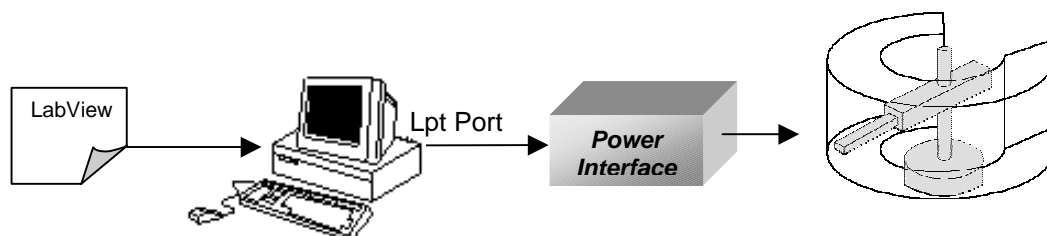
Τα βασικά στοιχεία από τα οποία αποτελείται το συγκρότημα ενός συστήματος ελέγχου ανοιχτού βρόγχου ρομποτικού βραχίονα διακρίνονται παρακάτω (σχ.1):



Σχήμα 1: Διάγραμμα συστήματος ελέγχου ανοιχτού βρόγχου ρομποτικού βραχίονα.

1. **Συσκευή Ελέγχου:** Αυτή είναι μια μικρή χειροκίνητη συσκευή που μπορεί να κατευθύνει την κίνηση του ρομπότ, να καταγράψει τα σημεία στις ακολουθίες κινήσεων και να αρχίσει την επανάληψη των ακολουθιών.
2. **Υπολογιστής Ελέγχου:** Αυτός ο υπολογιστής επικοινωνεί με τον χρήστη και ελέγχει στη συνέχεια τις κινήσεις του ρομπότ.
3. **Ενεργοποιητές:** οι μηχανές, οι κύλινδροι, κ.λ.π. που οδηγούν τις ενώσεις του ρομπότ. Σε αυτούς επίσης μπορούν να συμπεριληφθούν και οι μηχανισμοί για μια μετάδοση, κλείδωμα, κ.λ.π.
4. **Δομή:** η μηχανική δομή (συνδέσεις, βάση, κ.λ.π.). Το στοιχείο αυτό απαιτεί απαραίτητη αντοχή για να παράσχει την επιθυμητή δομική ακαμψία στον βραχίονα.
5. **Άκρο του βραχίονα που εργάζεται (EOAT-End Of Arm Tooling):** οι εντολές του παρέχονται από τον χρήστη και προγραμματίζεται για την εκτέλεση των συγκεκριμένων - στοιχειωδών εργασιών του[1].

Στην συγκεκριμένη εργασία (σχ. 2) το πρόγραμμα Labview λειτουργεί ως την *συσκευή* και τον *υπολογιστή ελέγχου*. Η επικοινωνία με τον ρομποτικό βραχίονα γίνεται με χρήση της παράλληλης θύρας (lpt) μέσω κυκλώματος διασύνδεσης ισχύος (power interface). Σαν ενεργοποιητές χρησιμοποιούνται πνευματικοί κύλινδροι και πιστόνια, ενώ το άκρο του βραχίονα που εργάζεται και ονομάζεται αρπάγη (gripper) αποτελείται από μία βεντούζα που χρησιμοποιεί αέρα για αναρρόφηση και έχει το χαρακτηριστικό να μπορεί να μετακινεί, να τοποθετεί και να κάνει διάφορες άλλες στοιχειώδεις εργασίες.

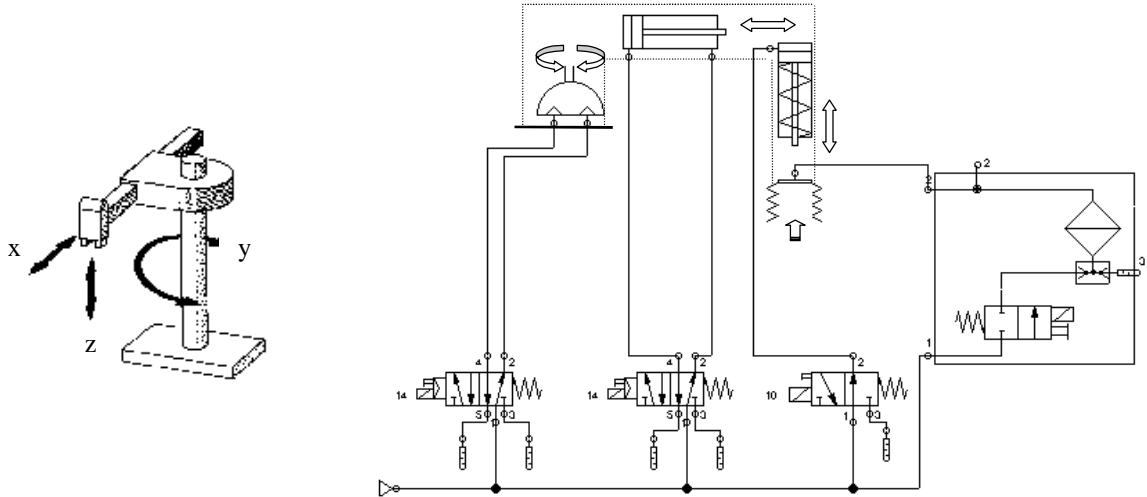


Σχήμα 2: Διάγραμμα ελέγχου ανοιχτού βρόγχου ρομποτικού βραχίονα με χρήση Labview.

Χαρακτηριστικά Ρομποτικού Βραχίονα.

Ο ρομποτικός βραχίονας στον οποίο εφαρμόστηκε ο έλεγχος ανήκει στην κατηγορία των κυλινδρικών τύπων ως προς τις κινήσεις του στο χώρο. Υπάρχει δηλαδή μία νεκρή ζώνη γύρω από τη δομή του ρομπότ. Έχει δύο πρισματικές (prismatic) αρθρώσεις και μία περιστροφική (revolute) [2].

Η πρότυπη σχεδίαση καθώς και η πνευματική λειτουργία του βραχίονα στον οποίο εφαρμόστηκε ο έλεγχος παρουσιάζεται παρακάτω(σχ. 3 α,β):



Σχήμα 3α: Πρότυπη σχεδίαση βραχίονα. **Σχήμα 3β:** Πνευματικό σχέδιο λειτουργίας βραχίονα.

Οι κινηματικές εξισώσεις που διέπουν το άκρο του βραχίονα είναι:

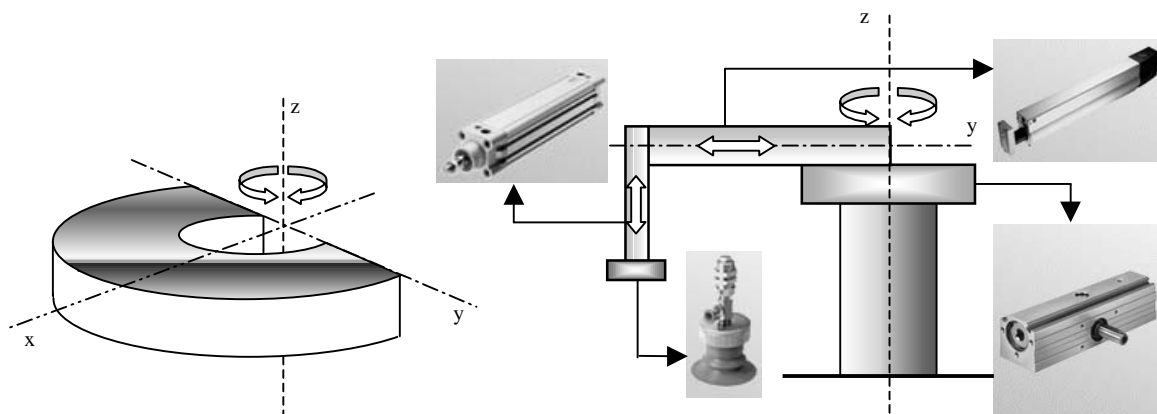
$$x = L_H \cdot \cos(\theta) \quad (1)$$

$$y = L_H \cdot \sin(\theta) \quad (2)$$

$$z = L_V \quad (3)$$

Όπου L_H L_V τα μεταβλητά μήκη του οριζόντιου και του κατακόρυφου βραχίονα και θ η μεταβλητή γωνία περιστροφής στο επίπεδο x,y. Περιορισμοί στα όρια των μεταβλητών παραμέτρων προβάλλονται από τα φυσικά μεγέθη που αποτελούν την δομή του βραχίονα και τα οποία ταυτόχρονα περιορίζουν το χώρο της εργασίας του (σχ.4). Ο βραχίονας ως προς τον προσανατολισμό των αξόνων που κινείται χαρακτηρίζεται **RPP** [3]:

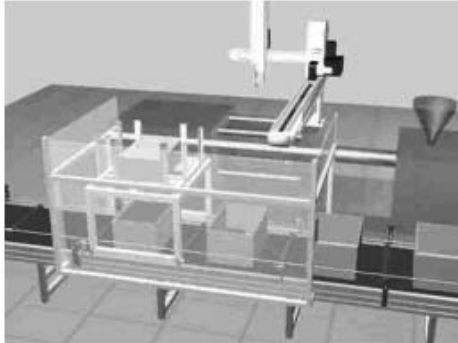
- Το γράμμα R(Revolute-περιστροφή) δηλώνει την περιστροφή του δεξιά-αριστερά.
- Το γράμμα P(Prismatic-πρισματική) χαρακτηρίζει την κίνηση πάνω-κάτω της αρπάγης.
- Το γράμμα P(Prismatic-πρισματική) περιγράφει την κίνηση μέσα-έξω του βραχίονα.



Σχήμα 4: Χώρος εργασίας και άποψη των στοιχείων του ρομποτικού βραχίονα.

Στον ρομποτικό βραχίονα χρησιμοποιούνται δύο βαλβίδες 5/2 με πηνίο και ελατήριο επιστροφής, δύο βαλβίδες 2/2 με πηνίο και ελατήριο επιστροφής και ρυθμιζόμενες βαλβίδες εκτόνωσης πίεσης. Ακόμη γίνεται χρήση ενός κυλίνδρου με βάκτρο προς τη μία πλευρά, ενός περιστροφικού κυλίνδρου και ενός κυλίνδρου με ελατήριο επιστροφής[4]. Εφαρμογή του βραχίονα αφορά την περισυλλογή, την

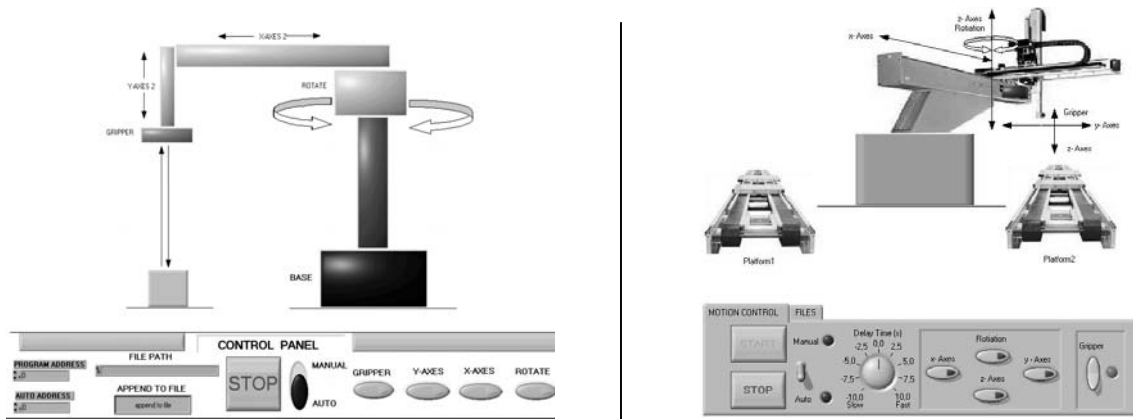
τοποθέτηση και άλλες απλές διαδικασίες μεταφοράς αντικειμένων, όπου το βάρος τους και ο όγκος τους είναι σχετικά μικρός ενώ η σχεδίαση του μπορεί να αποκτήσει και άλλες μορφές (σχ 5).



Σχήμα 5: Άλλες μορφές του ρομποτικού βραχίονα.

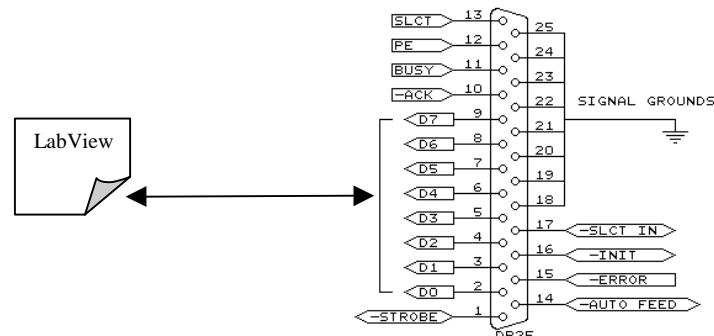
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΤΟ LABVIEW

Στο front panel του προγράμματος με χρήση των εργαλείοθικών του Labview μπορούμε να απεικονίσουμε έναν πρότυπο σχεδιασμό του υπό εφαρμογή προς έλεγχο ρομποτικού βραχίονα (σχ. 6)[5]. Η ύπαρξη των Push-button καθορίζουν τον έλεγχο των κινήσεων του, ενώ ένας διακόπτης Stop τερματίζει την λειτουργία του.



Σχήμα 6: Αποψη front panel του Labview σε εφαρμογή ρομποτικών βραχιόνων (Κ. Καλοβρέκτης).

Η τροχιά των κινήσεων του ρομποτικού βραχίονα ορίζεται από την δυαδική λέξη (binary word) των δεδομένων (data bits) στην διεύθυνση του καταχωρητή (register address) της παράλληλης θύρας του Η/Υ (378h ,278h,3bch) μέσα από εντολές του Labview (σχ 7)[6].



Σχήμα 7: Παράλληλη 25pin θύρα.

Η δυνατότητα αποθήκευσης των κινήσεων του βραχίονα σε αρχείο (file) επιτρέπει στον χρήστη να κάνει ανάκληση αυτών για την εκτέλεση διαφόρων εργασιών όπως είχε διδαχθεί ή ακόμη να εκτελεί αυτές σε σήματα σκανδαλισμού (trigger) που μπορεί να δέχεται ως bit εισόδου σε θύρα lpt ή com με βάση τον προγραμματισμό από άλλα συστήματα ελέγχου πχ. PLC, CNC, SCADA. Τέλος η χρήση των Web Publishing Tools του προγράμματος μας επιτρέπει την εξ αποστάσεως επιτήρηση του συστήματος μέσω του διαδικτύου (internet).

Ο βραχίονας μπορεί να εργάζεται με τρία είδη λειτουργίας (modes):

i. Χειροκίνητος χειρισμός (manual).

Το πρώτο είδος λειτουργίας αναφέρεται στο manual χειρισμό του ρομποτικού βραχίονα όπου ο χρήστης έχει την δυνατότητα να τον κατευθύνει συνεχώς κάνοντας χρήση των push button που απεικονίζονται στην οθόνη του H/Y.

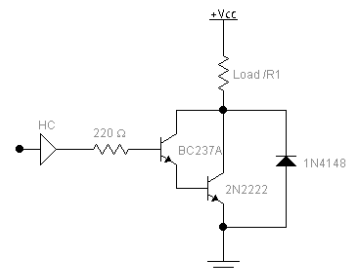
ii. Εκμάθηση του βραχίονα, που επιτυγχάνεται απλά με την απομνημόνευση της τροχιάς και των χρόνων όπως έχουν εκτελεστεί από την προηγούμενη λειτουργία.

Στο στάδιο αυτό έχουμε την δυνατότητα να διδάξουμε τον βραχίονα απλά κατευθύνοντας τον να μάθει της κινήσεις που του υποδεικνύουμε καθώς τον μετατοπίζουμε και ταυτόχρονα να απομνημονεύσει το χρόνο που παραμένει σε κάθε θέση του χώρου εργασίας του.

iii. Αυτόματη λειτουργία στην οποία ο βραχίονας εκτελεί την διαδικασία που έχει διδαχθεί στην προηγούμενη λειτουργία ενώ η χρήση του ποτενσιόμετρου στο πρόγραμμα αυξομειώνει την ταχύτητα της εργασίας του (σχ. 6).

ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ (INTERFACE)

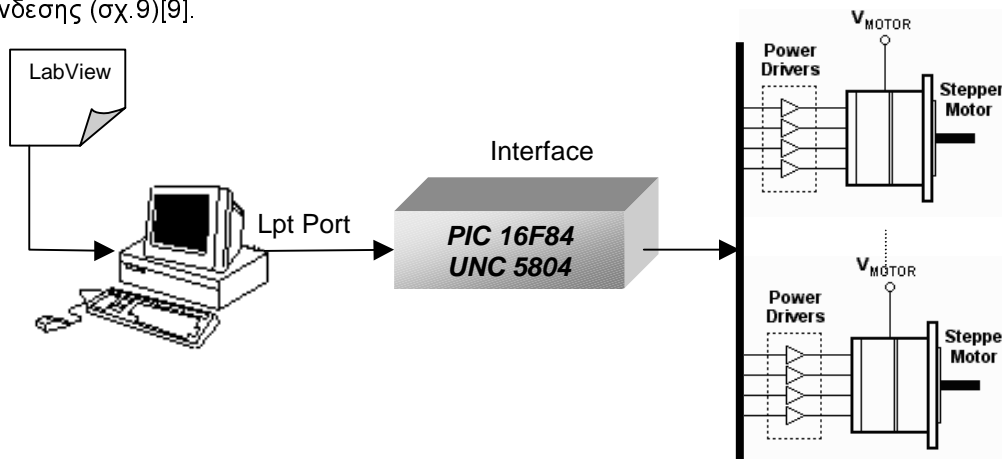
Για την επικοινωνία ανάμεσα στον υπολογιστή και τον ρομποτικό βραχίονα είναι απαραίτητη η κατασκευή ενός κυκλώματος διασύνδεσης (interface). Το κύκλωμα συνδέεται στην είσοδο της παράλληλης θύρα (lpt) του υπολογιστή μέσω καλωδιωταίνιας, με χρήση 25 pin συνδέσμου[7]. Στην έξοδο του κυκλώματος συνδέονται τα ρελέ που διαθέτουν οι ηλεκτροβάννες, με τις οποίες ελέγχουμε την λειτουργία του πνευματικού ρομποτικού βραχίονα. Σε κάθε βαθμό της κίνησης του χρησιμοποιείται το κύκλωμα του σχήματος 8.



Σχήμα 8: Κύκλωμα διασύνδεσης.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΙ ΒΡΑΧΙΟΝΕΣ

Η μέθοδος ελέγχου από την παράλληλη θύρα του υπολογιστή που παρουσιάστηκε στις προηγούμενες παραγράφους είναι δυνατόν να επιτευχθεί και σε ηλεκτρικούς βραχίονες που χρησιμοποιούν ως ενεργοποιητές βηματικούς κινητήρες (stepper motor) [8] με χρήση όμως κατάλληλων κυκλωμάτων διασύνδεσης (σχ.9)[9].

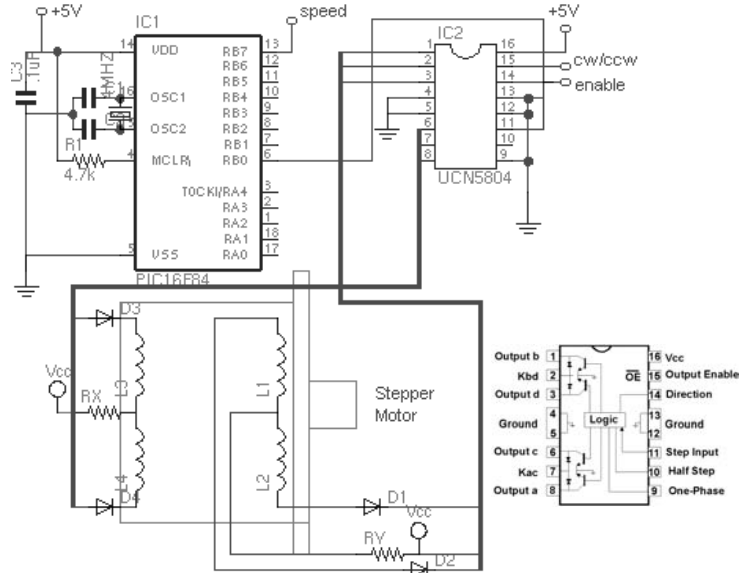


Σχήμα 9: Διάγραμμα ελέγχου ηλεκτρικού ρομποτικού βραχίονα.

Το κύκλωμα διασύνδεσης περιλαμβάνει χρήση «αφέντη» (master) ενός μικροελεκτή PIC6F84 της Microchip [10] και τα ολοκληρωμένα ισχύος UCN5804 Stepper Motor Driver [11] για την οδήγηση κάθε βηματικού κινητήρα (σχ 10). Με χρήση δύο Ipt θυρών (378h, 278h) είναι δυνατός ο έλεγχος ενός ρομποτικού βραχίονα 6 βαθμών ελευθερίας με ταυτόχρονο έλεγχο της ταχύτητας των κινήσεων του.

Κάθε βαθμός ελευθερίας απαιτεί την χρησιμοποίηση δύο bit δεδομένων, για την ενεργοποίηση και τον καθορισμό της περιστροφής - δεξιόστροφη / αριστερόστροφη - του βηματικού κινητήρα.

Το σήμα καθορισμού της ταχύτητας των κινήσεων του βραχίονα οδηγείται σε bit της δεύτερης θύρας (RB7) του μικροελεκτή ελέγχοντας την συχνότητα της παραγόμενης παλμοσειράς με την οποία μέσω των UCN5804 τροφοδοτούνται οι βηματικοί κινητήρες.



Σχήμα 10: Κύκλωμα οδήγησης βηματικών κινητήρων.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία αυτή παρουσιάστηκε η εφαρμογή ελέγχου των κινήσεων ενός ρομποτικού βραχίονα, με δυνατότητα εκμάθησης από την παράλληλη θύρα ενός υπολογιστή μέσω του προγράμματος Labview.

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν είναι:

1. Οι δυνατότητες που παρέχει η μέθοδος ελέγχου (*Χειροκίνητος χειρισμός, Εκμάθηση και Αυτόματη λειτουργία* του ρομποτικού βραχίονα).
2. Οι ικανότητες προσαρμογής και επέκτασης σε άλλους τύπους ρομποτικού βραχίονα (Ηλεκτρικός) με χαμηλό κόστος σε εργαστηριακές και ερευνητικές εφαρμογές.
3. Άμεση σύνδεση της διάταξης ως περιφερειακή μονάδα σε υπάρχων εργαστηριακό ή βιομηχανικό σύστημα ελέγχου (PLC, CNC, SCADA).
4. Επιτήρηση της λειτουργίας του ρομποτικού βραχίονα μέσω διαδικτύου (internet) και
5. Η Χρήση του στην εκπαίδευση για την ανάπτυξη ρομποτικών συστημάτων.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Χωρικοί μηχανισμοί – Βιομηχανικά robot- Τεχνολογία, 1993 Βέντζας Δ .
2. Microcontroller Control of an electro-Pneumatic Manipulator, D.E. Ventzas, Tsitsipis P, Kalonrektis K, Varzakas K, Euriscon 98, SIPERS/IEEE/CSS, June 1998, pp. 98.
3. Χωρικοί μηχανισμοί – Βιομηχανικά robot- Κινηματική- Δυναμική 1993, Βεντζας Δ.
4. FESTO Pneumatic, Technical Data of Pneumatic Components, 1998.
5. Programming Manuals Labview v 6i National Instrument.
6. Ηλεκτρονικές Μετρήσεις, Τσιτσιπής Π. -ΤΕΙ Λαμίας Τμήμα Ηλεκτρονικής1992.
7. Ηλεκτρονικά Ι, Κοντογιώργος Αθ. -ΤΕΙ Λαμίας Τμήμα Ηλεκτρονικής1990.
8. Ρομποτική, Εμίρης Δ. εκδ. Άνωσης 1999.
9. A Computer- robot interface for Surveying Application; A Computer Taught Robot **IATED** international Symposium Applied Informatics, Session: Applied informatics III Grindelwald Switzerland, February 17-19, 1987.
10. Manual PIC16F84 Microchip.
11. Manual UCN5804 Allegro MicroSystems.