



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Ηλεκτρ. Μηχ/κών και Μηχ/κών Υπολογιστών
Τομέας Σημάτων, Ελέγχου και Ρομποτικής

« ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ »
Άσκηση 1. Ρομποτικό Κύτταρο

Υπεύθυνος Εργαστηρίου: Κ. Τζαφέστας

Email: ktzaf@cs.ntua.gr

Web: robotics.ntua.gr/members/ktzaf/

Μεταπτυχιακοί Συνεργάτες:

Παρασκευάς Οικονόμου, Email: oikonpar@mail.ntua.gr

Παρατήρηση:

Η Άσκηση 1 θα διεξαχθεί στο χώρο του Εργαστηρίου Ρομποτικής και Αυτοματισμού στο Κτήριο Β (Γενικές Έδρες), 2^{ος} Όροφος, τηλ. 210-7721546.



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧ/ΚΩΝ & ΜΗΧ/ΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ, ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ

«Εργαστήριο Ρομποτικής»

Άσκηση 1

Ρομποτικό Κύτταρο

Περιεχόμενα

1.1	Προγραμματισμός του Αυτόματου Συστήματος Διαλογής Δοκιμών με την χρήση του Ρομποτικού Χειριστή IR52C - Εισαγωγή	2
1.2	Ο ρομποτικός χειριστής IR52C (αρθρωτού τύπου)	3
1.3	Τεχνικές προγραμματισμού του ρομποτικού βραχίονα IR52C και το πρωτότυπον ρομποτικού προγραμματισμού PSI	4
1.3.1	Εισαγωγή	4
1.3.2	Προγραμματισμός του ρομποτικού χειριστή	5
1.3.2.1	Συστήματα ρομποτικών συντεταγμένων	5
1.3.2.2	Αρχές κίνησης του ρομποτικού βραχίονα	7
1.3.2.3	Τροχιές κίνησης του ρομποτικού βραχίονα	9
1.3.2.4	Παράμετροι κίνησης του ρομποτικού βραχίονα	10
1.3.2.5	Στοιχεία ενός προγραμματος κίνησης του ρομποτικού βραχίονα	11
1.3.2.6	Προγραμματιστική χρήση των σημάτων των αισθητήρων και των στοιχειών δράσης (εμβόλων) για την αυτοματοποίηση της διαδικασίας	15
1.3.2.7	Δομή ενός προγραμματος κίνησης του ρομποτικού βραχίονα	15
1.4	ΑΣΚΗΣΗ 1. Χρήση του ρομποτικού χειριστή για μεταφορά και αποθήκευση δοκιμών της διάταξης	15
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ : Εντολές ρομποτικού προγραμματισμού	16

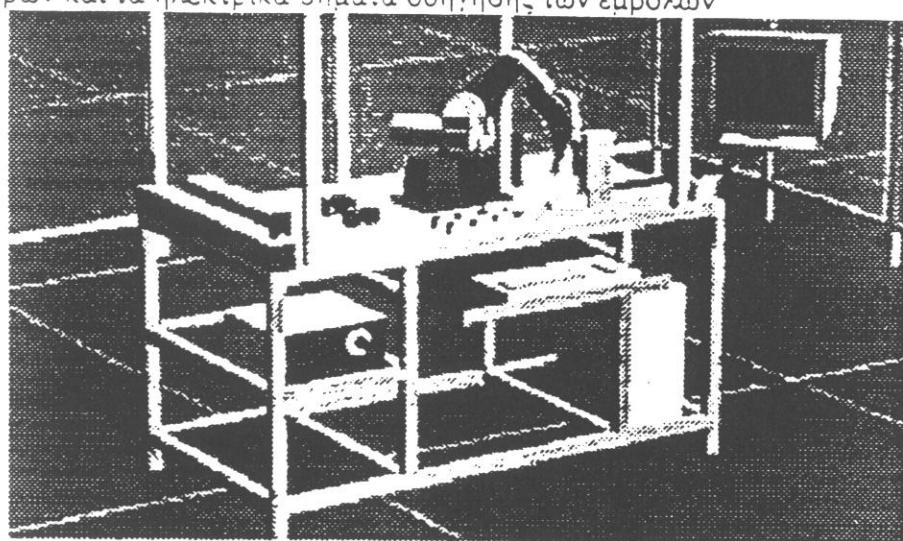
Προγραμματισμός του Αυτόματου Σιστήματος Διαλογής Δοκιμών με την χρήση του Ρομποτικού Χειριστή IR52c.

1.1 Εισαγωγή

Η ακάτη αυτη εκτείνεται στην εργαστηριακη διάταξη M.A.S.H (Modular Educational System for Handling Technology) της εταιρίας Eurobotec. Η διάταξη αυτη προσφέρει ενα ευελικτο, προστινατούμενο στην εκπαίδευση και εργονομικό μέσο διδασκαλίας επικεντρωμένο στην προβληματική ευστη της τεχνολογίας των βιομηχανικών διαδικασιών παραγωγής.

Η εργαστηριακη διάταξη (Σχήμα 11) περιλαμβανει

- Αισθητήρες (οπτικους, επαγγελματικους, χωρητικους)
- Ηλεκτροπνευματικά έμβολα και βαλβίδες
- Ένα αρθρωτό ρομπότ IR52C
- Διασύνδεση της κάρτας ελεγχου του ρομποτικου χειριστή με τα ηλεκτρικα σημάτα των αισθητήρων και τα ηλεκτρικα σημάτα οδηγησης των εμβόλων



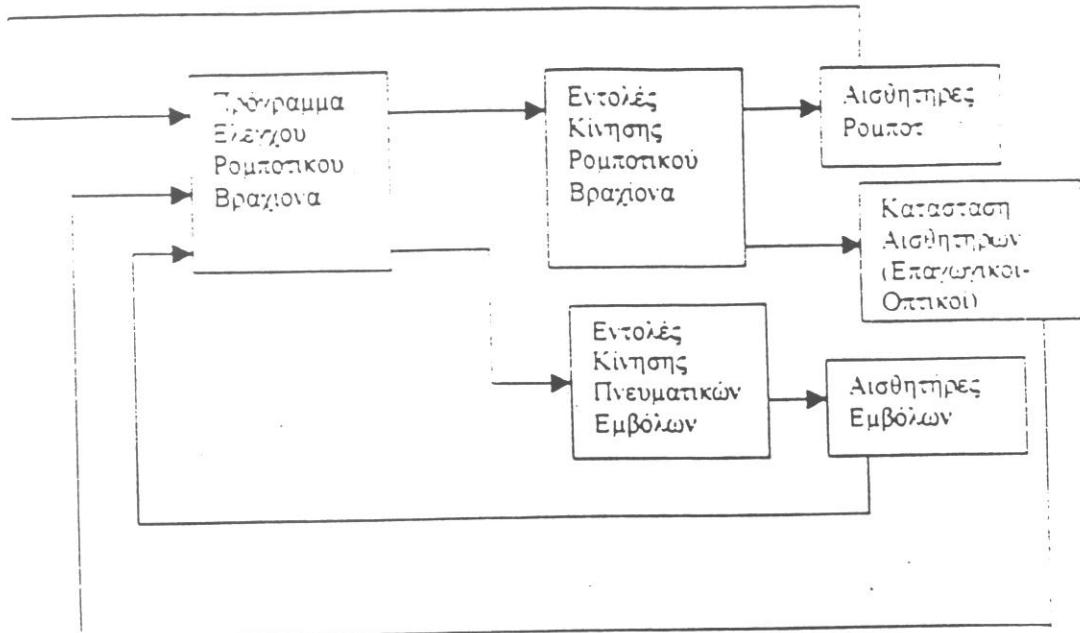
Σχήμα 11 Η εργαστηριακή διάταξη M.A.S.H.

Ο ρομποτικός χειριστής προγραμματίζεται μέσω ενός περιβάλλοντος προγραμματισμού PSI (Programming System for Industrial Robots) με σκοπό να εκτελεί αυτόματα μια κυκλική διαδικασία διαλογής δοκιμών. Το πρόγραμμα διαβάζοντας κατάλληλα (διασύνδεση RS232 με τον ελεγκτή του ρομπότ) από τους αισθητήρες την πληροφορία που αφορα την τρεχουσα κατάσταση της διαδικασίας οδηγει αντιστοιχα τόσο την κίνηση του ρομποτικου βραχίονα όσο και των ηλεκτροπνευματικων εμβόλων της διάταξης.

Συμπερασματικά, μπορούμε να πούμε ότι ο στόχος που επιχειρούμε να πετυχουμε με την σειρά των εργαστηριακών ασκήσεων που βασίζονται σην χρήση της διάταξης αυτης είναι η εξοικείωση του φοιτητη με θέματα ως ως

- ηλεκτρο-πνευματικές διατάξεις ενεργοποίησης (πνευματικά έμβολα)
- ο ρομποτικός χειριστής IR52C και ο προγραμματισμός του (λειτουργία σε συνδυασμό με την διάταξη η και χωρις αυτη)
- τεχνολογία αισθητήρων (οπτικοι, επαγγελματικοι, χώρηρητικοι)
- Αυτοματοποίηση διαδικασιών

Για να ανταπεξέλθει κανείς σε ολες αυτες τις απαιτήσεις, πρέπει να έχει βασικες γνωσεις στην τεχνολογία ρομποτικής, ελέγχου και αυτοματισμού. Ο αυτοματισμός και ο ελεγχος της διάταξης (συμπεριλαμβανομένου και του Robot) μπορει να γίνει εξ' ολοκλήρου με την βοηθεια του περιβάλλοντος PSI. Το διαγραμμα της διαδικασίας απεικονίζεται στο Σχήμα 12 που ακολουθει.

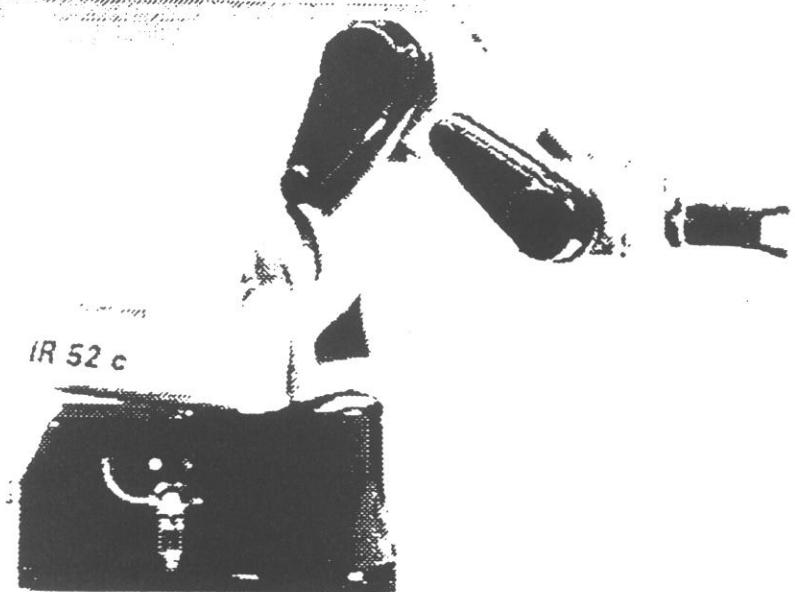


Σχήμα 1.2 Διάγραμμα Αυτοματοποίησης Διαδικασίας

Στην εργαστηριακή διάταξη έχουμε την απεικόνιση μίας μη γραμμικής διαδικασίας επύλοντής και μετρητης δοκιμών (δοκίμια ιδιαίς διατομής που διακρίνονται σε μεταλλικά, πλαστικά και μπαταρίες) Αυτό συμβαίνει λόγω της ύπαρξης του ρομποτικού βραχιονα ο οποιος δίνει μια μεγάλη ευελιξία στον τρόπο σχεδιασμού και υλοποίησης της διαδικασίας. Όσον αφορά τωρα την διαδικασία που υλοποιείται στην διάταξη αυτή συνοψίζεται στα ακόλουθα. Υπάρχει μια θέση παραλαβής δοκιμών από τον ρομποτικό βραχιονα (που ελέγχεται από οπτικο αισθητήρα (ψωτοκύτταρο)) στην οποία και πρωθυόνται με την χρήση ενός πνευματικού εμβολου Στην συνέχεια γίνεται έλεγχος της ταυτοτητας και των καθορισμός των ιδιοτήτων των δοκιμών (μέτρηση της τάσης τους, χρηση επαγωγικών-χωρητικών αισθητήρων) που οδηγει στην μεταφορά τους σε θέσεις εκτυπωσης (πνευματικά έμβολα) των διακριτικών χαρακτηριστικών τους και τελος στην αποθήκευση τους σε κατάλληλες θέσεις υποδοχής

1.2 Ο Ρομποτικός Χειριστής IR52C

Το Robot είναι ένα IR52C (Σχήμα 1.3) ειδικά κατασκευασμένο για εφαρμογές που απαιτούν ένα συμπαγές και ευέλικτο σύστημα χειρισμού. Αποτελείται από 5 περιστροφικούς άξονες και μία αρπάγη σαν τελικό στοιχείο δράσης. Ο ελεγκτής του Robot είναι προσαρμοσμένος στη βάση του. Το πρόγραμματιστικό περιβάλλον του Robot είναι το PSI, έχει δοκιμαστεί αρκετά στην πράξη και είναι αρκετά καλό για μία πρώτη επαφή με σχετικές εφαρμογές. Όλα τα κομμάτια του Robot είναι κατασκευασμένα από αλουμίνιο. Κάθε ένας από τους 5 ανεξάρτητους άξονες περιστροφής οδηγείται από ένα υψηλής απόδοσης σερβο-κινητήρα. Ο έλεγχος θέσης επιτυγχάνεται με την βοήθεια αυξητικών κωδικοποιητών. Με βάση την αρχή αυτή είναι δυνατή πολύ υψηλής ακριβειας ανάλυση των 415 000 βημάτων ανά άξονα περιστροφής.



Σχήμα 1.3 Ρομποτικός Χειριστής IR52C

Ακολουθώντας με τις σημερινες υυπήλες απαιτησεις ασφαλείας κάθε άξονας ειναι εφοδιασμένος με δύο οριακούς διακόπτες τερματισμού. Χάρη στην υψηλή ελευθερία κίνησης ευρους από 200° έως 400° στους μεμονωμένους άξονες το IR 52 c χαρακτηρίζεται από μεγαλη κινητικοτητα και ευελιξια.

Ο ελεγκτής του ρομπότ, αρκετα συμπαγής και μικρός, είναι τοποθετημένος στη βάση του Robot μαζί με τα στάδια εξόδου του κινητηρα. Επι προσθέτως με τους 5 άξονες του Robot, ο PID ελεγκτής επιτρέπει τον έλεγχο 2 επιτέλεον εξωτερικών αξόνων (για παράδειγμα ενος γραμμικου σιδηρόδρομου πάνω στον οποιο μπορει να προσαρμοστει ο βραχιόνας με αποτέλεσμα την επέκταση του χώρου εργασίας του Robot). Ο ελεγκτής ενσαρκώνει τον επεξεργαστη V25 της NEC. Μέσω σειριακής επικοινωνίας τύπου RS 232 το Robot μπορει να προγραμματιστει απο ένα PC.

Τα εργαλεία (τελικά στοιχεία δράσης) που μπορούν να προσαρμοστούν στο Robot ακολουθουν το πρότυπο standardized tool flange DIN / ISO. Αναλογα με την εφαρμογή υπάρχει επύλογη ανάμεσα σε τρεις τύπους εργαλείων αρπάγη ηλεκτρική, πνευματική (όπως και στην διάταξη που εξετάζουμε) ή κενού. Όλες οι απαραιτητες προετοιμασίες έχουν ήδη γίνει στο Robot για την χρήση του μελλοντικά με εργαλεία εφοδιασμένα με αισθητήρες. Το Robot μπορει να εφοδιαστει ακόμα και με ένα σύστημα αλλαγής εργαλείων. Για την παραπέρα επέκταση του συστήματος διατίθενται από την EurobTec βιβλιοθήκες προγραμματισμού για τις γλώσσες C-- και C, που οδηγούν στην ανάπτυξη εξειδικευμένων εφαρμογών κατά περίπτωση. Επίσης διατίθεται και ένα πλήρες σύστημα ανάπτυξης για ένα σύστημα άρασης στην C++.

1.3 Τεχνικές προγραμματισμού του ρομποτικού βραχίονα IR52C και το περιβάλλον προγραμματισμού PSI

1.3.1 Εισαγωγή

Η έκδοση του PSI με την οποια θα ασχοληθούμε στην συνέχεια εκτελείται σε περιβάλλον MS-DOS, και χρησιμοποιείται για τον προγραμματισμό της κίνησης του αρθρωτού Robot εξι συνδέσμων IR 52C της EurobTec και τον αυτοματισμό της διαδικασίας επύλογής δοκιμών. Το PSI έχει δύο καταστάσεις λειτουργίας, κατά την συγγραφή, διόρθωση και εκτελεση προγραμμάτων. Η μια χωρις το robot συνδεδεμένο, off-line και η άλλη με το robot ενεργό, on-line. Όταν το PSI εκτελείται off-line, το robot δεν είναι απαραίτητο και με το τρόπο αυτό

αποφεύγονται πιθανες συγκρούσεις όταν τα προγράμματα δεν έχουν ακομα ελεγχθεί. Οταν ο προγραμματισμός γίνεται on-line, τότε δίνεται η δυνατότητα αλληλεπιδραστικού προγραμματισμού του robot, διδάσκοντας του τις διαδοχικές θέσεις του κύκλου εργασιών του, και του ελέγχου σε πραγματικές συνθήκες των προγραμμάτων. Το PSI ενεργοτοιεται από την γραμμη εντολών του DOS, με την εντολή:

PSI { online} {<αρχείο προγραμματος του robot>}

Αν παρέχεται το όνομα κάποιου προγράμματος, τότε το πρόγραμμα φορτωνεται μαζί με το περιβάλλον του PSI. Αν η παράμετρος online παραληφθεί τότε το PSI υποθέτεται ότι το robot δεν εναι συνδεδεμένο και ξεκινάει σε off-line λειτουργία.

1.3.2 Προγραμματισμός του ρομποτικού χειριστή

Όταν ασχολεται κανείς με το προγράμματος και ση λειτουργία ενός robot κάτια και γενικευτα πραγματοποιημι μιας διαδικασίας, το πιο αποκτεί πράγμα που πρέπει να λαμβάνεται υπ θέση είναι η αποτελεσματική λειτουργία σε σχέση με το περιβάλλον.

Οσον αφορα το robot, υπάρχει πάντα ο κινήτων στρικρούσεων με αντικείμενα ή και ανθρωπους που βρίσκονται σε τος του χώρου εργασίας του robot. είδοκα κατα ση διαρκεια ανάπτυξης και δοκιμής προγραμματων Βεβαια παρα πας προσπαθειες, η πιθανότητα λειτουργικων αναλλογων του περιβάλλοντος προγραμματισμού PSI. Η τον πίεται: καν του robot δεν μπορει να αποκλειστει με βεβαιωση. Σε καθε περιπτωση μπορει να προκληθουν βλάβες σε η πεινασα στο ίδιο το robot, ή ακουα και σε αρθρωτικα:

- Τα προγράμματα να δοκιμάζονται αρχικα υπο ελαπτωμενη ταχυτητα εκτείνεσης.
- Να εισε σε ετοιμοτητα κατα πη σίερεια της περιοδου δοκιμης να ενεργοποιησετε το EMERGENCY-OFF, για το robot, εαν και οποτε ειναι απαραγοντο
- Εχετε υπ' ουη ύπ ενα πρθριστο η ένα το IR ΣΣ c μπορει να κινηθει και κατω απο το επιπεδο του παρκου εργασιας.

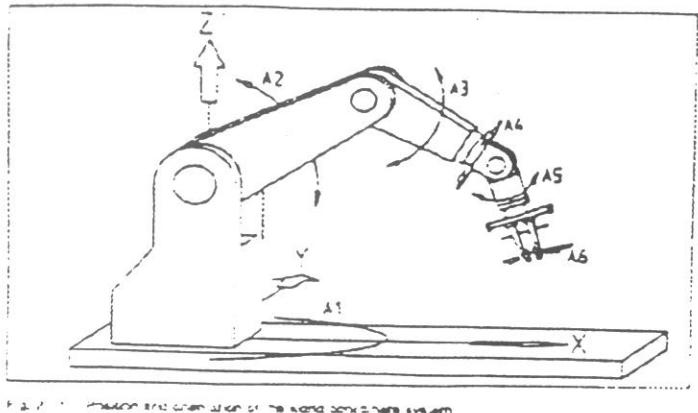
Ο προγραμματισμός του ρομποτικου ελεγκτη αποσκοπει στην μετακίνηση του τελικού στοιχειου δράσης (αρπαγη) σε επύλεγμενα σημεια της εργαστηριακής διάταξης και με συγκεκριμενο προσανατολισμό του εργαλειου (αρπαγης) προκειμένου να εκτελέσει εργασιες μετακίνησης δοκιμων. Τα σημεια αυτα προσδιοριζονται με την θεώρηση του καταλληλου σ-σηματος συντεταγμένων

1.3.2.1 Συστήματα συντεταγμένων

Με το PSI υπάρχει η δυνατότητα να προγραμματίσουμε το robot σε τρια διαφορετικά συστήματα συντεταγμένων, τα οποια κατα περίπτωση εμφανιζουν κάποια πλεονεκτηματα. Αναλυτικότερα έχουμε:

Σύστημα Παγκόσμιων Συντεταγμένων

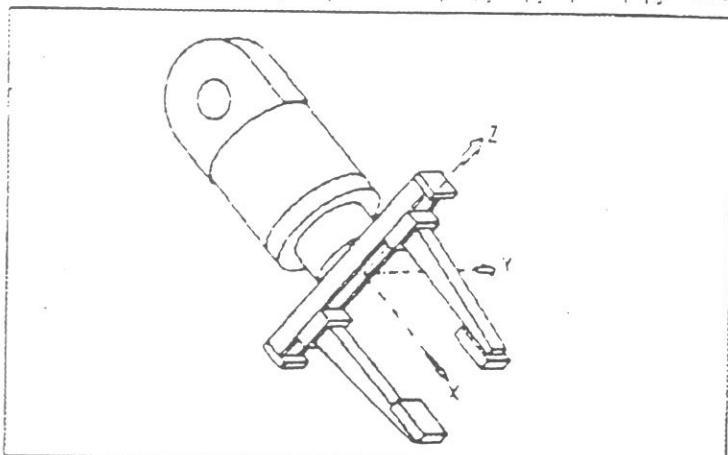
Οπως φαίνεται και στο σχήμα που ακολουθεί τα σημεια του χώρου προσδιορίζονται από τρεις συντεταγμένες (x,y,z) που βρίσκονται πάνω σε τρεις ανά δύο κάθετους μεταξύ τους αξονες, οι οποιοι ορίζουν ένα ορθοκανονικο σύστημα συντεταγμένων. Η αρχη του συστηματος των συντεταγμένων βρίσκεται στην βάση του robot στο κέντρο το πρώτου αξονα περιστροφής A1. Οι αποστάσεις μετρούνται σε mm και η θετική κατεύθυνση φαίνεται στο σχήμα. Ιδιαίτερη σημασία για τον προσδιορισμό της θέσης του robot έχει η θέση του κεντρικου σημείου της άκρης του εργαλειου που χρησιμοποιείται κατα περίπτωση



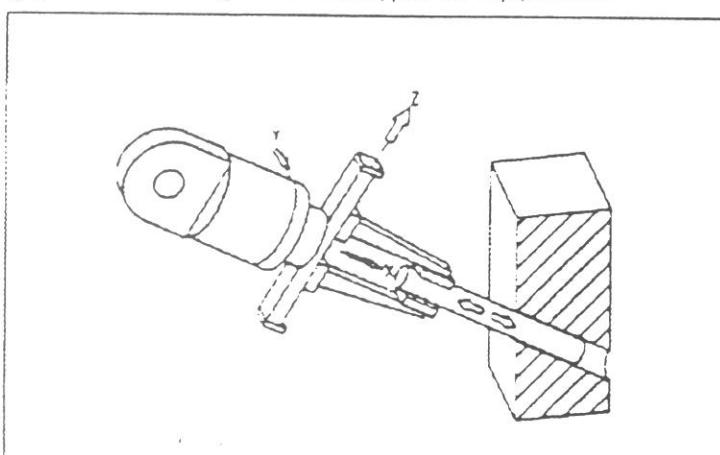
Σχήμα 1.4 Σύστημα Παγκόσμιων Συντεταγμένων

Σύστημα Συντεταγμένων Εργαλείου

Το σύστημα αυτό βασίζεται στην ίδια φύλαξη με το προηγούμενο με τη διαφορά ότι η αρχή του είναι στο κεντρικό σημείο του εργαλείου που χρησιμοποιούμε. Ο προσανατολισμός των αξόνων φαίνεται στο σχήμα. Όσον αφορά το εργαλείο του IR 52 c, που υπάρχει στο εργαστήριο δεν υπάρχει δύνατοτητα μετακινησης της αρπάγης κατά την γ διεύθυνση



Σχήμα 1.5 Σύστημα Συντεταγμένων Εργαλείου



Σχήμα 1.6 Κίνηση με Χρήση Συντεταγμένων Εργαλείου

Αυτό το σύστημα συντεταγμένων είναι ιδιαίτερα χρήσιμο κατά την εκπαίδευση του robot για κινήσεις που αλλιώς θα ήταν αδύνατες ή δύσκολα εκπαιδεύσιμες, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1.6.

Σύστημα Αξονικών Συντεταγμένων

Στο σύστημα αυτό χρησιμοποιούνται οι ίδιοι οι αξονες κίνησης του robot για τον προσδιορισμό της θέσης του και την περιγραφή των σημείων του χώρου. Στο επόμενο σχήμα φαίνεται ο τρόπος αναφοράς στους αξονες καθώς και η θετική φορά κίνησης. Οι γωνιες μετριούνται σε μοιρες.

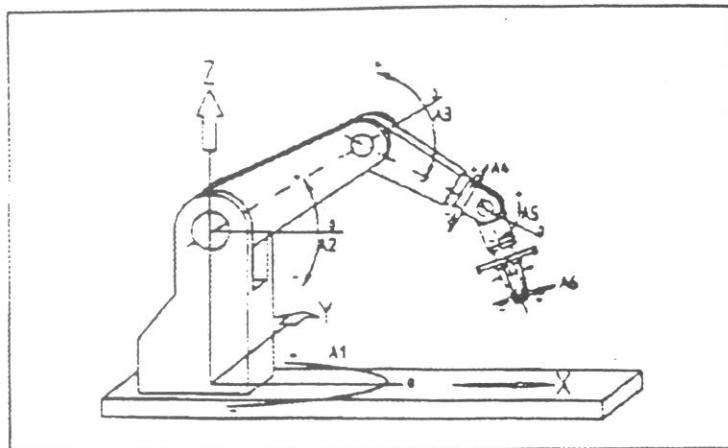


Fig. 2-3 Axial coordinate system of a six-axis welding arm robot

Σχήμα 1.7 Σύστημα Αξονικών Συντεταγμένων

Στα επόμενα σχήματα δίνονται και οι παράμετροι προσδιορισμού του προσανατολισμού του εργαλείου a, b, c, που μετριούνται επισής σε μοιρες.

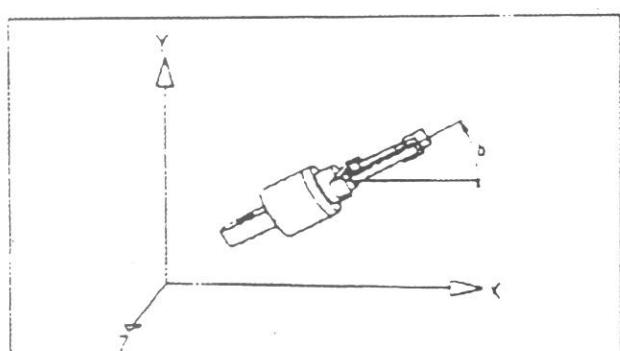


Fig. 2-5 Significance and position of the orientation angles (a, b, c)

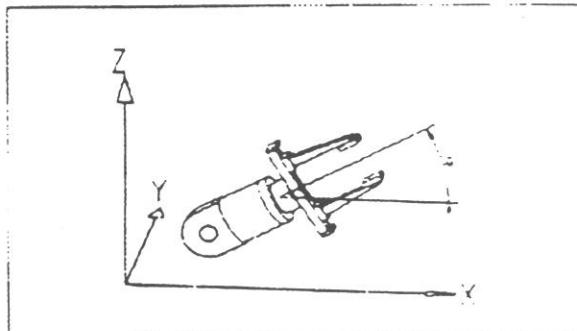


Fig. 2-6 Significance and position of tool orientation angles (a, b, c) from another view

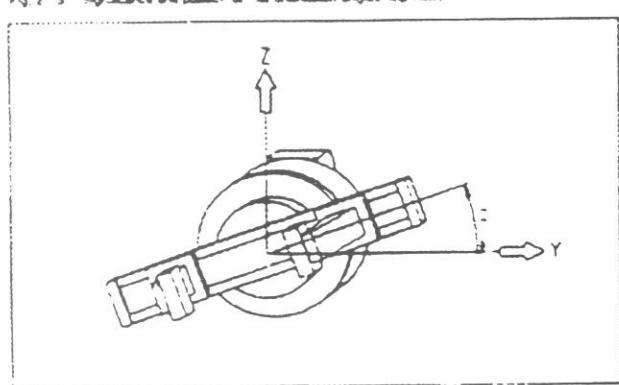


Fig. 2-7 Significance and position of tool orientation angles (a, b, c) from yet another view

Σχήμα 1.8 Προσανατολισμός του τελικού στοιχείου δράσης

1.3.2.2 Αρχές κίνησης του ρομποτικού βραχίονα

Για να εκτελέσει το robot μια εντολή κίνησης είναι απαραίτητο να ορίσουμε ποιο είναι το σημείο του προορισμού του και με ποιο τρόπο θα μεταβεί στο σημείο αυτό (ευθεία γραμμή).

κίνηση σε τόξο κ.λ.π.) Σαν σημειο εκκίνησης θεωρείται πάντα το σημειο στο οποιο ηδη βρίσκεται το robot. Επίσης προσδιορίζεται και ο προσανατολισμός που θα έχει το τελικό σημειο δράσης στο τέλος της μετάβασης.

Τα σημεια προορισμού αποθηκεύονται ως εξής:

■ προσδιορίζεται σε παγκοσμιες καρτεσιανές συντεταγμένες η θέση του τελικου σημειου έραστης (x, y, z)

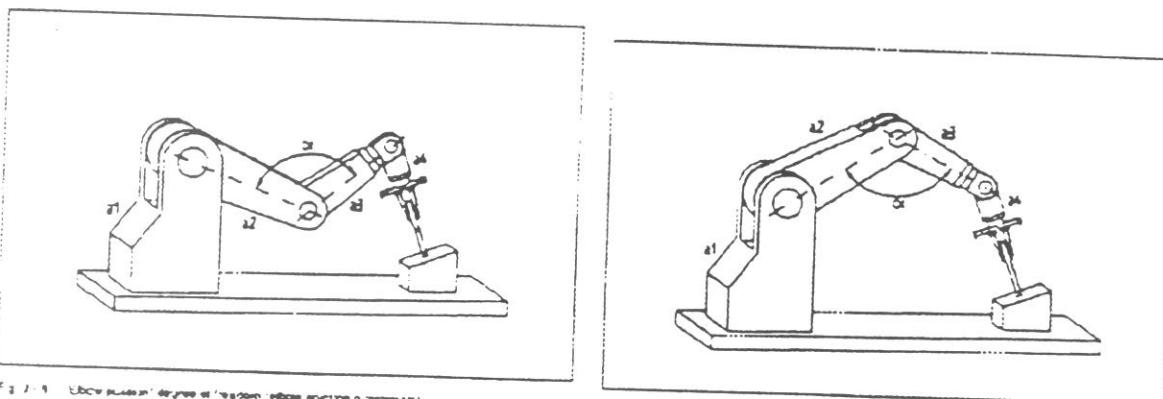
■ Προσδιορίζεται ο προσανατολισμού του εργαλείου με τις γωνίες (z, b, c). Ωπως ιποδεικνύουν τα τρία σχεδια που προηγηθηκαν

Ο τρόπος χωτο προσδιορισμου των σημείων είναι ανεξάρτητος του robot στο οποιο εκτείνεται το πρόγραμμα. Εισι θεωρητικα είναι δύνατον να χρησιμοποιηθεί το ίδιο προγραμμα για αύλο robot με διαφορετικο κινηματικο μοντέλο. αλλά πρακτικά αυτό είναι πάντα συναρπηση του χώρου εργασίας του robot

Ωπως είναι γνωστό κατά την επίλυση του αναστροφου κινηματικού προβλήματος είναι δύνατόν να έχουμε περισσότερες από μια αποδεκτες λύσεις. Αυτό σημαίνει ότι το robot μπορει να προσεγγίσει την ίδια τελικη θεση και προσανατολισμού του εργαλείου. Ωμως με διαφορετικη υποδειξουμε στο robot ποια από τις δύνατες λύσεις είναι και επιθυμητή. Αυτό φαίνεται καθαρά εξετάζουμε υπάρχουν τέσσερις διαχωριστικοι βαθμοι ελευθεριας. Αυτοι είναι:

1. ELBOW UP
2. ELBOW DOWN
3. FRONT
4. BACK

Ωπως υποδηλώνει και το άνομι τους οι δύο πρώτοι είναι αμοιβαια αποκλειομενοι και προσδιορίσουν αν η προσεγγιση που θα επιχειρήσει το robot προς το σημειο προορισμου θα γίνει με τον αγκώνα να κοιται προς τα πισω (κάτω) ή μπροστά (πάνω).



Σχήμα 19 Κίνηση Elbow-Down και Elbow-Up

Αντιστοιχα για τους δύο τελευταιους, οι οποίοι επίσης αποκλείονται αμοιβαια, προσδιορίζεται αν το robot εργάζεται βλέποντας μπροστα του το χώρο εργασίας, ή αν ο χώρος εργασίας βρίσκεται πισω του, σε σχέση πάντα με την αρχική του κατάσταση.

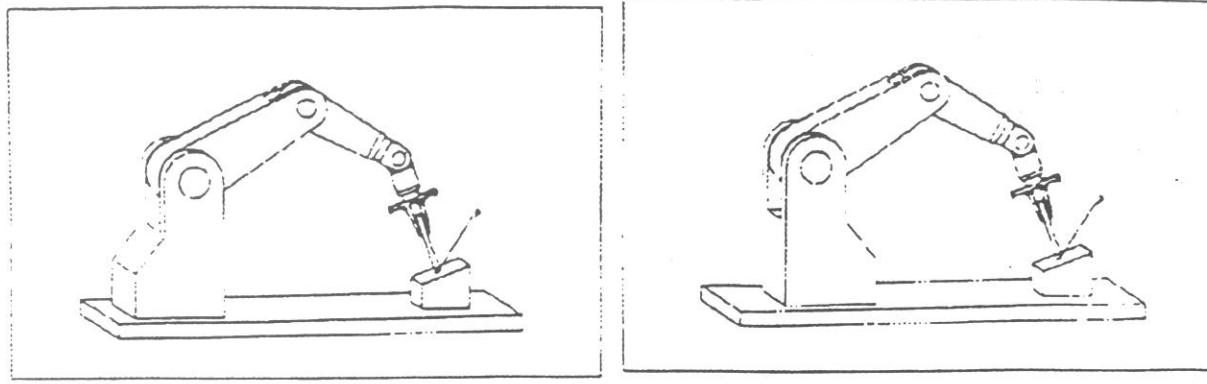


Fig 2-11 "Front view" diagram of a robot

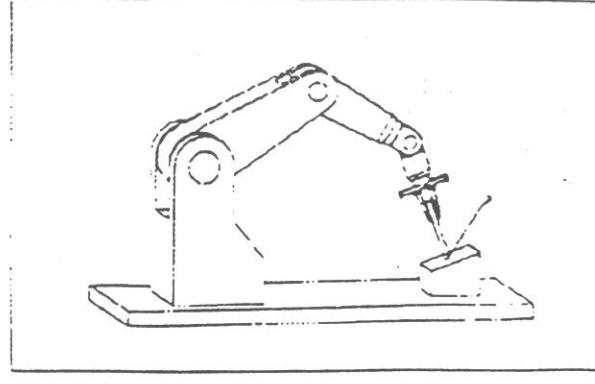


Fig 2-12 "Back view" diagram of a robot

Σχήμα 1.9 Κίνηση Front και Back

1.3.2.3 Τροχιές κίνησης του ρομποτικού βραχίονα

Υπάρχουν τρεις βασικοί τρόποι κίνησης του robot κατά την διαρκεί της μετάβασης του από ενα σημεία σε άλλο. Αυτοί είναι: Synchro-PTP, Γραμμική κίνηση και Κίνηση σε κύκλο.

■ Κατά την εκτέλεση κίνησης synchro-PTP, όλοι οι άξονες του robot κινούνται συγχρονως, προς το σημείο προορισμού, και τερματίζουν ταυτόχρονα την κίνηση τους. Το τελικό στοιχείο δράσης κινείται σε μία όχι ακριβώς προσδιορισμή διαδρομή στο συντομότερο δυνατό χρονο (κίνηση βέλτιστη ως προς το χρονο)

■ Κατά την γραμμική κίνηση το τελικό στοιχείο δράσης ακολουθεί μια ευθεία γραμμή προς το σημείο προορισμού. Αν ο προσανατολισμός του εργαλείου διαφέρει από την αρχική προς ην τελική θέση, τότε οι παράμετροι a, b, c μεταβάλλονται γραμμικά κατά την διάρκεια της μετακίνησης.

■ Για την εκτέλεση της κυκλικής κίνησης απαιτείται ο προσδιορισμός ενός ακόμα σημείου Το σημείο αυτό μπορεί είτε να είναι ένα σημείο πάνω στην περιφέρεια του κύκλου (πάνω στο τόξο) που θα διαγράψει κατά τη κίνηση του το τελικό στοιχείο δράσης, είτε το κέντρο του κύκλου στον οποίο το τόξο που θα διαγραφεί. Αν ο προσανατολισμός του εργαλείου διαφέρει από την αρχική προς ην τελική θέση, τότε οι παράμετροι a, b, c μεταβάλλονται γραμμικά κατά την διάρκεια της μετακίνησης. Εδώ χρειάζεται να έχουμε υπόψη τα εξής:

1 Το robot θα φροντίσει ώστε να ακολουθήσει το μικρότερο τόξο στην περιφέρεια του κύκλου, στην περίπτωση που προσδιορίζουμε το κέντρο.

2 Γενικά η διαγραφόμενη τροχιά είναι τμήμα έλλειψης.

Οσον αφορά το τελευταίο τρόπο μετακίνησης δείτε και το επόμενο σχήμα:

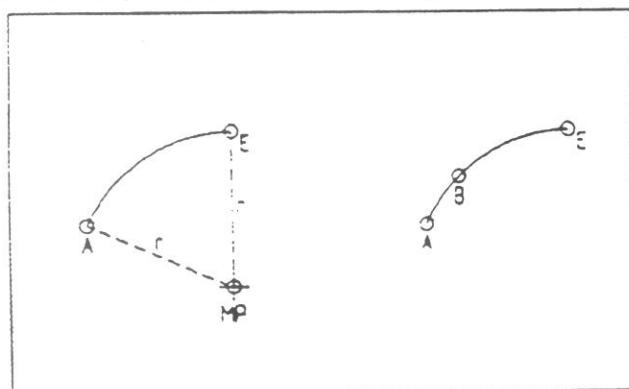


Fig 2-13 Parabolic tracking in circular motion

Σχήμα 1.10 Κίνηση σε τόξο

Οι επιμέρους απλές κινήσεις που περιγράφηκαν προηγουμένως (εκτός της synchro-PTP) και μπορεί να εκτελέσει το robot, όταν συνδυαστούν και εκτελεστούν χωρίς διακοπές λέμε ότι

συνιστούν μία διαδρομή για το robot (trajectory). Η διαδρομή αυτή μπορεί να πρηγχιστεί ως το robot μέσα σε καποια ορια ανεκτικότητας, που ρυθμίζονται από καταλληλες παραμετρους εντος του προγράμματος.

1.3.2.4 Παράμετροι κίνησης του ρομποτικού βραχίονα

Οι παραμετροι με τις οποιες μπορει να ελέγξει κανεις τον τροπο διασχισης ενος μονοπατιου περινεράσεις στην στανεχεια

Ταχύτητα διάσχισης:

Σε συγκεκριμένες ευαρμογες ειναι σημαντικο, το τελικό στοιχειο δρασης να κινειται χρονιως με προκαθορισμενη ταχυτητα πάνω στην τροχια του. Μέσω του PSI ειναι δυνατη η ρυθμιση της ταχυτητας κατα μήκος της ακολουθουμενης διαδρομης. Η ταχυτητα μετριεται πάντα σε mm/sec. Αν το robot δεν ειναι ικανο να διατηρησει την επιθυμητη ταχυτητα κατα μήκος του μονοπατιου τοτε, το PSI αυτοματα μειωνει την ταχυτητα χωρις ενδεικτικό μήνυμα λάθους. Για παραδειγμα αλλαγη κατεύθυνσης το PSI επιταχυνει το robot και πάλι έως την επιθυμητη ταχυτητα

Ταχύτητα αξόνων:

Οι μέγιστη ταχυτητα που μπορει να επιτύχει κάθε άξονας του robot ξεχωριστα, ειναι προκαθορισμενη σύμφωνα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του robot και δεν ειναι δυνατο να αλλαξει από το χρήστη. Αν η μεγιστη αξονικη ταχυτητα κάποιου από τους αξονες ξεπερνιεται και επισημαίνει το γεγονός με καταλληλο μηνυμα λάθους. Στην πράξη με μία διαδρομη του robot περνάει κοντά από τον κατακορυφο αξονα z του παγκοσμιου συστήματος συντεταγμενων του robot συνήθως παρουσιάζει το πρόβλημα αυτό. Αυτό συμβαίνει γιατι ακόμα και μικρες αλλαγες στην θέση του τελικου στοιχειου δρασης αντιστοιχουν σε μεγάλες αλλαγες στην γωνια του άξονα. Ι Το PSI επιβαλει την πρηηση του οριου τη μέγιστης ταχυτητας του άξονα.

Επιτάχυνση:

Για να ειναι δυνατη η μετακίνηση μεγάλων φορτιων στην μεγαλύτερη δυνατη ταχυτητα, το PSI προσφέρει την δυνατότητα του ορισμού της επιτάχυνσης του robot. Αυτη ορίζεται επι του μέγιστη επιτάχυνση * <Acceleration> 100.

Ακριβεια μονοπατιου:

Για την εξασφαλιση της ακριβειας με την οποια κινειται το robot κατα μήκος μιας διαδρομης, ειναι δυνατόν να οριστει η μέγιστη επιτρεπτη απόκλιση από την ιδανικη (προγραμματισμενη) διαδρομη. Αν η υποδεικνυόμενη ακριβεια ειναι κοντά στην απόλυτη ακριβεια που μπορει να επιτύχει το robot τότε ειναι αναμενομενη η μειωση της μέγιστης ταχυτητας που μπορει να επιτευχθει κατα την καλυψη της διαδρομης.

Επακαλύψεις:

Σε πολλες περιπτωσεις απαιτειται απο ένα robot να καλύψει μία διαδρομή η οποια αποτελείται από διαδοχικά τμήματα ευθύγραμμης ή κυκλικης κίνησης, τα οποια καλούνται και συνιστώσες τη διαδρομης. Δεν ειναι πάντα όμως απαραιτητο το τελικό στοιχειο δράσης να περάσει από κάθε ένα από τα σημεια που σχηματιζουν την καμπύλη της διαδρομης (εκτός του αρχικου και του τελικου σημειου της διαδρομης), η ακόμα και να σταματά μόλις καλύψει μία συνιστώσα και πριν ξεκινήσει να διατρέχει την επόμενη. Η ιδέα που υλοποιει το PSI, φαινεται στο σχήμα που ακολουθει και ουσιαστικά αντικαθιστα τα απότομα τμήματα της διαδρομης, στα οποια γίνεται η σύνδεση των συνιστώσων με ένα ομαλό και εφαπτόμενο συνδετικό τμήμα.

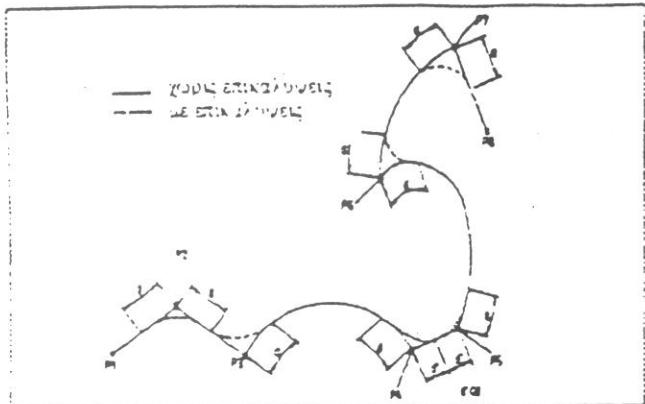


Fig. 2-13 Οικείωση της αρχικής γραμμής παραμέτρων d.

Σχήμα 19 Κίνηση με η χωρίς επικάλυψη

Κατά το προγραμματισμό ορίζεται η παράμετρος d (σε mm) η οποία καθορίζει την μεγιστή απόσταση, πάνω στην καμπύλη της διαδρομής, από το σημείο σύνδεσης, πέρα από την οποία είναι δυνατή η εγκατάλειψη της αρχικής διαδρομής. Δηλαδή όταν το τελικό στοιχείο δράσης πλησιάσει το τελικό σημείο της συνιστώσας της διαδρομής απόσταση μικρότερη η ιση από d τότε μπορεί να εγκαταλείψει την συνιστώσα. Επίσης κατά την προσέγγιση προς την επόμενη συνιστώσα της διαδρομής μπορεί να παραληφθεί το πολύ μήκος d από την συνιστώσα. έως ότου το τελικό στοιχείο δράσης ταυτίστει με την διαδρομή που ορίζει αυτή. Όσο μεγαλυτερη τιμή έχει η παράμετρος d τόσο γρηγοροτερα καλύπτει το τελικό στοιχείο δράσης την διαδρομή που προκύπτει μετά την επικάλυψη. Αντιστροφά όσο μικρότερη τιμή έχει η παραμετρος αυτή τόσο πιο πιστά ακολουθεί το ροβότη την αρχική διαδρομή.

Όταν επιθυμούμε να απενεργοποιηθεί σε περίττωση που κάποια διεργασία απαιτεί την πιστή κάλυψη ενός μονοπατιού, η λειτουργία της επικάλυψης τότε αρκεί να οριστεί η παραμετρος d με τιμή 0, $d = 0$

1.3.2.5 Στοιχεία ενός προγράμματος κίνησης του ρομποτικού βραχίονα

Πέρα από τον απλό προγραμματισμό των κινήσεων που μπορεί να κάνει το ροβότη, ορίζοντας του μία διαδοχική ακολουθία από σημεία που πρέπει να ακολουθήσει σε κάποιο από τα διαθέσιμα συστήματα συντεταγμένων και της κίνησης που θα ακολουθήσει με τις διάφορες παραμέτρους της, το PSI παρέχει και ορισμένες προγραμματιστικές δομές. Μερικές από τις δομές αυτές ο έμπειρος αναγνώστης τις έχει συναντήσει σε απλές γλώσσες όπως η basic και θα ήταν εύστοχο να ισχυριστεί κανείς, ότι προγραμματισμός στο PSI είναι προγραμματισμός σε ένα υποσύνολο της basic, με επιπλέον δυνατότητες προσανατολισμένες στο προγραμματισμό ροβότη. Εξάλλου τόσο η basic όσο και το PSI, εκτελούνται με τη χρήση διερμηνέα (interpreter environment). Συμπεριλαμβάνονται δομές δήλωσης υπορουτίνων, εντολές αλλαγής της ροής του προγράμματος, εντολές ελέγχου συνθηκών και βέβαια εντολές δήλωσης και χειρισμού μεταβλητών. Σημαντικές είναι η δυνατότητας που παρέχει το PSI, όσον αφορά την σχετική κίνηση του ροβότη ως προς ένα σημείο, την εντολή δήλωσης και αξιοποίησης με απλό τρόπο παλετών, εντολές ελέγχου του εργαλείου που είναι προσαρτημένο στο ροβότη κ.λ.π. Το βασικό ρεπερτόριο, των εντολών συνοδευόμενων από σύντομη επεξήγηση της χρήσης τους περιέχονται στο παράρτημα, ενώ στην συνέχεια αναπτύσσονται εν συντομίᾳ κάποια προχωρημένα θέματα ρομποτικού προγραμματισμού.

Μεταβλητές:

Η σημαντικότερη ίσως δυνατότητα του PSI, από προγραμματιστικής απόψεως είναι η δήλωση μεταβλητών. Οι μεταβλητές μπορεί να έχουν τυχαίο όνομα άλλα μήκος μέχρι οχτώ χαρακτήρες. Συνίσταται να μην χρησιμοποιούνται δεσμευμένες λέξεις ως μεταβλητές και επίσης το όνομα

που αποδίδεται σε μια μεταβλητή καλό θα ήταν να υποδηλώνει και την χρήση της. Βελτιώνοντας
έτσι την αναγνωσιμότητα του προγράμματος.

Υπάρχουν δύο τυποί μεταβλητών οι αριθμητικές μεταβλητές που αποθηκεύονται μια αριθμητική
τιμή (δεν γίνεται διάκριση μεταξύ ακεραίων ή πραγματικών αριθμών) και οι μεταβλητές
σημείου που δύνανται να αποθηκευτούν την θέση του τελικού σημείου δράσης (στο παγκόσμιο
σύστημα καρτεσιανών συντεταγμένων του ροβοτ). μαζί με τον προσανατολισμό του Οσει
αφορά τον οντότητα την χρήση και την εμβελεία των μεταβλητών είναι παρομοια με αυτήν στην
basic.

Οι αριθμητικές μεταβλητές ορίζονται με την εντολή ανάθεσης ως εξής:

LET <Variable> = Value

και μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ίδεση για παράδειγμα μίας από τις συντεταγμένες ενός
σημείου. Μπορούν να προστεθούν, ανατρέθονταν, πολλαπλασιαστούν ή διαιρεθούν μεταξύ τους.
Επίσης λαμβάνουν μέρος σε εντολές αλγατος υπό συνθήκη.

Ένα τυπικό πρόγραμμα του PSI με χρήση μεταβλητών δίνεται στην συνέχεια

```
1      REFERENCE
2      LINE x    -250 00      y      -0 00 z      -150
          a    -90 00 b    -0 00 c    -0 00
3      LET yvar = -250
4      LINE x    -250 00      y      yvar z      +150
          a    -90 00 b    -0 00 c    -0 00
5      LABEL loop
6      ADD yvar = yvar - 50 00
7      LINE x    -300 00      y      yvar z      +150
          a    -90 00 b    -0 00 c    -0 00
8      ADD yvar = yvar - 50 00
9      LINE x    -250 00      y      yvar z      +150
          a    -90 00 b    -0 00 c    -0 00
10     IF yvar < 250 00 JUMP loop
11     PRINT End of program
```

Οι μεταβλητές σημείου είναι χρήσιμες διότι επιτρέπουν την αναφορά και χρήση ενός σημείου σε
ένα πρόγραμμα με απλή αναφορά στο ονομά του, ιδιαίτερα όταν ο προγραμματισμός γίνεται
χωρίς το ροβοτ, και μαλιστα όταν ο ακριβής προσδιορισμός των συντεταγμένων των σημειών δεν
είναι διαθέσιμος κατά την αρχική φαση του προγραμματισμού.

Σχετική κίνηση:

Στην πράξη ένα ροβοτ απαιτείται να εκτελέσει μία ακολουθία όμοιων κινήσεων σε διαφορετικά
σημεία του χώρου εργασίας του. Για την αποφυγή άσκοπης επανάληψης παρόμοιων τμημάτων
προγραμματος, δίνεται η εντολή RELATIVE, με την χρήση της οποίας μπορούν να
προγραμματιστούν κινήσεις σχετικές ως προς κάποια αρχική θέση αναφοράς. Ο
προγραμματισμός δηλαδή γίνεται ως προς το σημείο αναφοράς και η εκτέλεση γίνεται στο
τρέχον σημείο, σαν να βρισκόταν το ροβοτ στο σημείο αναφοράς. Η εντολή RELATIVE κατά¹³
κανόνα χρησιμοποιείται μέσα σε υπορουτίνες. Η έναρξη μίας υπορουτίνας υποδεικνυεται με την
εντολή SUB.

Η εντολή RELATIVE δέχεται σαν παράμετρο το σημείο αναφοράς και οι εντολές που
ακολουθούνται σαν να ζεκινούσε το ροβοτ από το σημείο αυτό, μέχρι είτε το τέλος της
υπορουτίνας είτε την εκτέλεση της εντολής REL_END. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων
συνίσταται εντολή REL_END να ακολουθείται αμέσως από την SUB_END. Όταν καλείται μία
υπορουτίνα η οποία εκτελεί σχετικές κινήσεις ως προς κάποιο σημείοσυμβαίνουν τα ακόλουθα:
Υπολογίζεται η τρέχουσα θέση του ροβοτ. Η εντολή RELATIVE δεν προκαλεί καμία

μετακίνηση του robot. Πριν εκτελεστεί οποιαδήποτε από τις επομένες εντολές, που σχετίζονται με την κίνηση του robot, τροποποιούνται τα σημεία που εμπλέκονται. Αφαιρείται αρχικά η τιμή της και συντεταγμένης θέσης αναφοράς από την και συντεταγμένη κάθε σημείου που εμπλέκεται στο τμήμα της σχετικής κίνησης και στην συνέχεια προστίθεται η και συντεταγμένη της τρεχουσας θέσης του robot. Το ίδιο συμβαίνει αντιστοίχως και για τις συντεταγμένες άλλες. Σε κάθε περίττωση ο προσανατολισμός του τελικού στοιχείου δράσης (παράμετροι a, b, c) μενεύει ωνεπιρρεαστές. Τέλος το robot εκτελεί την ακόλουθια των κινήσεων που ορίζονται εντός της υπορουτίνας, έξω από το σημείο που βρίσκεται όταν κληθεί η υπορουτίνα

Παλέτες:

Με τον όρο παλέτα εννοούμε την διατάξη εκείνη από την οποία το robot μπορεί να εναποθετεί η να λαμβάνει αντικείμενα παραταγμένα σε γραμμές και στήλες. Το PSI υποθέτει πάντα ότι η παράταξη αυτή γίνεται σε ένα επίπεδο παραλλήλο με το επίπεδο (x, y, 0) και οι στήλες είναι κάθετες προς τις γραμμές. Ο ορισμός μίας παλέτας παρέχει ένα εύκολο και συνοπτικό τρόπο προγραμματισμού των κινήσεων του robot για τον χειρισμό παλετών.

Mία παλέτα ορίζεται στην αρχή του προγραμματος με την βοήθεια της εντολής PALLET D και της αποδίδεται ένα όνομα. Στην συνέχεια δίνονται δύο σημεία που ανήκουν στην παλέτα η θέση στη πρώτη γραμμή και πρώτη στήλη (θέση {1,1} στη παλέτα) και η θέση στην δεύτερη γραμμή και δεύτερη στήλη (θέση {2,2} στη παλέτα). Με το τρόπο αυτό το PSI μπορεί να εξάγει όλη την απαραίτητη πληροφορία για τον προσδιορισμό όλων των θέσεων της παλέτας. Βέβαια θεωρητικά υπάρχει για PSI η θέση (1000,1500) σε μία παλέτα ακόμα και αν στην πράξη η παλέτα μας έχει μόνο, παραδειγμα 12 στοιχεία.. Επίσης είναι ευθύνη του προγραμματιστή να ορίζει σωστά τις παραμέτρους γραμμής στήλης κατά την προσπέλαση μίας παλέτας. Όπως επίσης και να φροντίζει ώστε ολες η θέσεις που ανήκουν σε μία παλέτα είναι προσβασιμες από το robot, αλλιώς το πρόγραμμα δεν θα λειτουργεί σωστά.

Αφού οριστεί μία παλέτα μπορεί αργότερα να γίνει ανάκληση μία θέσης που ανήκει σε αυτή απλώς και μόνο με το όνομα της παλέτας και την αριθμό γραμμής και στήλης που επιθυμούμε. με γρηση της εντολής RALLET C, που προκαλεί κίνηση του robot στην εν λόγω θέση

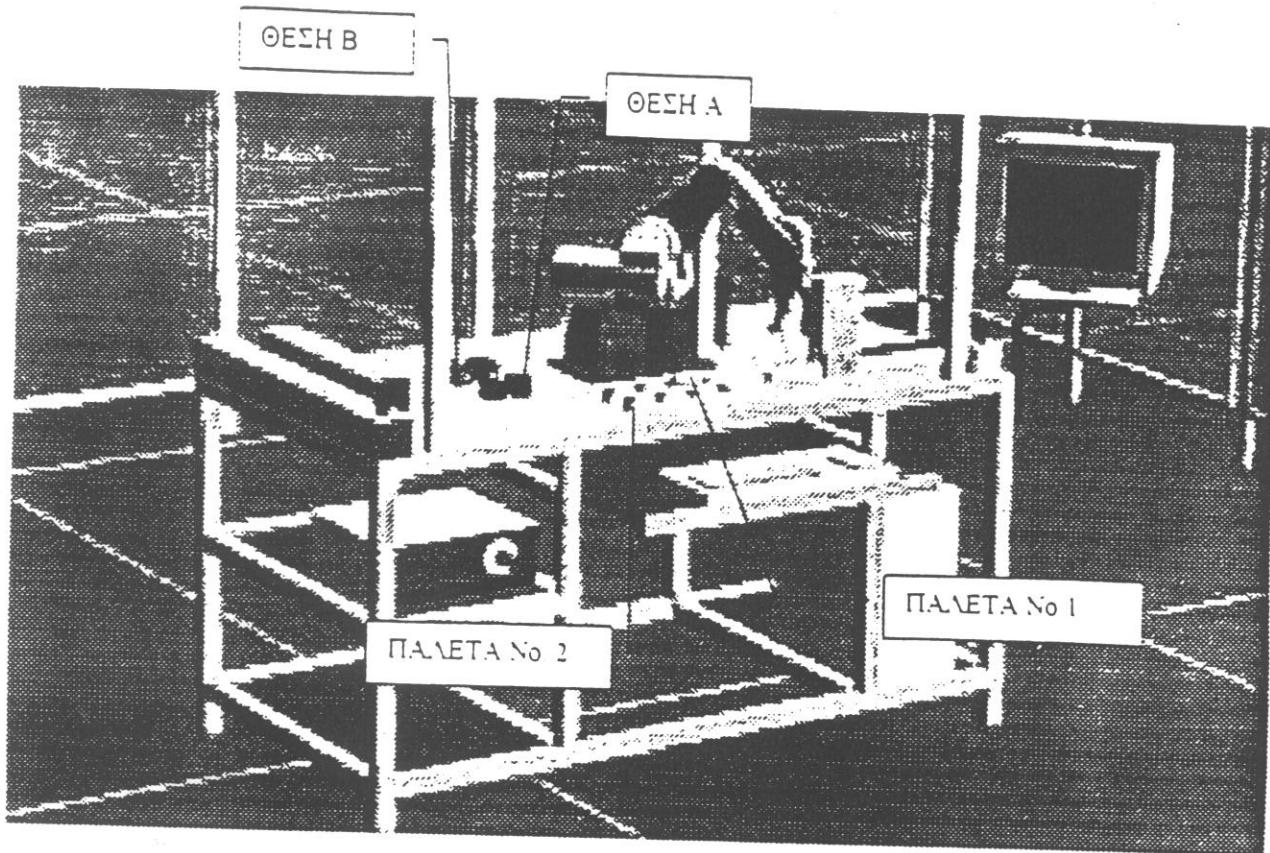
Η τεχνική που πρωτείνεται για την χρήση μίας παλέτας είναι σε συνδυασμό με την εντολή RELATIVE και συνίσταται από τα ακόλουθα βήματα:

- 1 Ορισμός της παλέτας σε κάποια απόσταση πάνω από την πραγματική θέση της παλέτας (για λόγους ασφαλείας κατά την μετακίνηση στις διάφορες θέσης)
- 2 Ορισμός κάποιο σταθερού σημείου πάνω από την παλέτα που ορίσαμε, σαν σημείο αφίξης και αναχώρησης από το στάδιο λήψης - εναπόθεσης στην παλέτα
- 3 Ορισμός μίας υπορουτίνας με σχετικές κινήσεις του τρόπου με τον οποίο αφού το robot έλθει πάνω από την παλέτα λαμβάνει η εναποθέτει με την απαιτούμενη ακριβεία ένα αντικείμενο.
- 4 Στο κυρίως πρόγραμμα το robot μεταβαίνει πάνω από την παλέτα.
- 5 Κινείται πάνω από την επιθυμητή θέση κατά γραμμή και στήλη
- 6 Καλείται η υπορουτίνα επεξεργασίας (λήψης - εναπόθεσης)
- 7 Το robot επιστρέφει στην αρχική θέση πάνω από την παλέτα και το τμήμα της διαδικασίας ολοκληρώνεται.

Χειρισμός Εμβόλων-Αρπάγης:

Το PSI, δίνει την δυνατότητα χειρισμού του εργαλείου που είναι προσαρτημένο στο robot μέσω της ακόλουθης διαδικασίας:

Στην αρχή του προγράμματος δηλώνεται το εργαλείο, οι διαστάσεις του και η ακριβεία του, με την εντολή TOOL D. Για τη πνευματική αρπάγη που χρησιμοποιούμε έχουμε ακριβεία 0 και διαστάσεις 118.00 mm μήκος. Στην συνέχεια καλείται το εργαλείο προς χρήση με την εντολή TOOL C. Τέλος η εντολή GRIPPER θέτει την αρπάγη στην επιθυμητή κατάσταση 0 (ανοιχτή αρπάγη) ή 1 (κλειστή αρπάγη) για την περίττωσή μας.



Σχήμα I 10 Αστηρ 1.4

Προγραμματισμός

Ζητείται να γραφει το πρόγραμμα για την εκτέλεση της παρακάτω διαδικασίας

Ανάληψη του πλαστικού δοκιμίου από την παλέτα No 1, μεταφορά του στην θέση Α και επανατοποθέτησή του στην θέση 3 στην παλέτα No 1.

Ανάληψη του μεταλλικού δοκιμίου από την παλέτα No 2, μεταφορά του στην θέση Β και επανατοποθέτησή του στην θέση 3 στην παλέτα No 2.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ : Σύντομη περιγραφή ρεπερτορίου εντολών PSI

Τα προγραμματα του robot αποθηκεύονται σε αναγνώσιμη μορφή ASCII αρχείων. Το πλεονέκτημα αυτής της υλοποίησης είναι ότι ο χρήστης μπορεί να διαβάσει και να γράψει προγράμματα για το robot και με αλλούς editors. Κάθε εντολή σε ένα πρόγραμμα του robot, καταλαμβάνει ακριβώς μία γραμμή στο αρχείο. Κάθε γραμμή ξεκινά με την συντομογραφία της εντολής, που δεν καταλαμβάνει περισσότερο από τρεις χαρακτήρες, ακολουθούμενα από κόμμα <>. Οι συντομογραφίες των εντολών δίνονται κατά την περιγραφή των διαθέσιμων εντολών, στην συνέχεια. Στην συνέχεια δίνονται οι παράμετροι αν υπάρχουν, πάλι χωριζόμενες με κόμμα.

Οι παράμετροι που αναπαριστούν σημεία αποτελούνται από μία μεταβλητη σημείου, ή έξι αριθμούς, ή μεταβλητές χωριζόμενων με κενά (ή συνδυασμό των προηγουμενων)

Παράδειγμα ορισμού μεταβλητής σημείου είναι το ακόλουθο:

pv. point1, -100 100 50 (Παγκοσμιες συντεταγμένες)
0 45 -30 (Προσανατολισμός αρπάγης)

Στο παραπάνω παράδειγμα, οι παράμετροι είναι το όνομα της μεταβλητής του σημείου "point1" και οι συντεταγμένες του σημείου, το οποίο αντιπροσωπεύει η μεταβλητή

Μετά το τελος μιας εντολής, η επόμενη αρχίζει με την έναρξη της επόμενης γραμμής (ASCII code 13).

Αλφαριθμητική απαριθμηση διαθέσιμων εντολών με μικρή περιγραφή:

Όνομα εντολής	Συντομογραφία	Περιγραφή	Ομάδα
ACCEL	AC	Ορισμός επιτάχυνσης	Παράμετροι robot
ADD	-	Πρόσθεση μεταβλητών	Αριθμητικές εντολές
BACK SIDE	BA	Ορισμός front-side βαθμού ελευθερίας	Παράμετροι robot
CALL	C	Κλήση υπορυθμίνας	Ελεγχος ροής προγράμματος
CIRCARC	CA	Κυκλική μετακίνηση μέσω σημείου τόξου	Ειτολές κινησης
CIRCCENT	CC	Κυκλική μετακίνηση γύρω από κεντρικό σημείο	Ειτολές κινησης
CLS	CLS	Καθαρισμός οθόνης γρήση	Ειτολές εξόδου
DIVIDE	/	Διαιρεση μεταβλητών	Αριθμητικές εντολές
ELBOW DOWN	ED	Ορισμός elbow βαθμού ελευθερίας	Παράμετροι robot
ELBOW UP	EU	Ορισμός elbow βαθμού ελευθερίας	Παράμετροι robot
EXACTNESS	EX	Ορισμός ακρίβειας μονοπατού	Παράμετροι robot
FRONT SIDE	FR	Ορισμός front-side βαθμού ελευθερίας	Παράμετροι robot
GRIPPER	GR	Ορισμός αρπάγης	Παράμετροι robot
IF<	IF<	Σύγκριση μεταβλητών (μικρότερο)	Άλμα υπό συνθήκη
IF=	IF=	Σύγκριση μεταβλητών (ισότητα)	Άλμα υπό συνθήκη
IF>	IF>	Σύγκριση μεταβλητών (μεγαλύτερο)	Άλμα υπό συνθήκη
IF KEY	IFK	Αναγνώριση του τελευταίου πλήκτρου που πατήθηκε	Άλμα υπό συνθήκη
IF PORT = L	IFL	Άλμα αν πόρτα σε χαμηλή κατάσταση	Άλμα υπό συνθήκη
IF PORT = H	IFH	Άλμα αν πόρτα σε υψηλή κατάσταση	Άλμα υπό συνθήκη
INKEY	INK	Αναμονή για πάτημα οποιουδήποτε πλήκτρου	Άλμα υπό συνθήκη
INTE PORT	INE	Τερματισμός ελέγχου διακοπών	Ελεγχος ροής προγράμματος
INT PORT =L	INL	Διακοπή αν πόρτα σε χαμηλή κατάσταση	Ελεγχος ροής προγράμματος
INT PORT = H	INH	Διακοπή αν πόρτα σε υψηλή κατάσταση	Ελεγχος ροής προγράμματος
JUMP	J	Άλμα σε επικέτα	Ελεγχος ροής προγράμματος

LABEL	LB	Ορισμός ετικετας	Ειλικρος προγραμματος	ροής
LET	=	Αναθεση τιμής σε Αριθμητικές εντολές μεταβλητή		
LINE	L	Μετακινηση πάνω σε Ειτοίες κινησης ευθεία γραμμή		
MULTIPLY	*	Πολλαπλασιασμός μεταβλητών		Αριθμητικές εντολές
OVERLAP	OV	Ορισμός παραμετρου, Παραμετροι robot επικεκλυγες		
PALLET C	PC	Κληση παλέτας	Παραμετροι παραγραμματος	
PALLET D	PD	Ορισμός παλέτας	Παραμετροι προγράμματος	
POINT VARIABLE	PV	Ορισμός μεταβλητης σημείου	Παραμετροι προγράμματος	
PORT -> L	PL	Απανεργοποίηση πόρτας		Ειτοίες εξόδου
-> H	PH	Ενεργοποίηση πόρτας		Ειτοίες εξόδου
PRINT	PRN	Εκτυπωση μηνύματος στην οθόνη		Ειτοίες εξόδου
PROTECT	PRO	Ορισμός προστατευόμενου γώρου	Παραμετροι προγράμματος	
PTP	P	Συγχρονη μετακινηση σημειο προς σημειο		Ειτοίες κινησης
REFERENCE	REF	Μετακινηση στο προκαθορισμένο σημειο αναφοράς		Ειτοίες κινησης
RELATIVE	REL	Εναρξη σχετικών μετακινήσεων	Παραμετροι προγράμματος	
REL_END	REE	Τέλος σχετικων μετακινήσεων	Παραμετροι προγράμματος	
REMARK	REM	Εισαγωγη σχολίου		Ειτοίες εξόδου
RETURN	R	Επιστροφή από υπορουτίνα	Ειλικρος προγράμματος	ροής
SPEED	SP	Ορισμός ταχύτητας εργιάς	Παραμετροι robot	
SUB_END	E	Τέλος υπορουτίνας	Ειλικρος προγράμματος	ροής
SUBSTRUCT	-	Αναφερεση μεταβλητών	Αριθμητικές εντολές	
SUB	S	Ορισμός υπορουτίνας	Ειλικρος προγράμματος	ροής
TOOL C	TC	Επιλογη εργαλειου	Παραμετροι robot	
TOOL D	TD	Ορισμός εργαλειου	Παραμετροι robot	
WAIT	W	Προσωρινή παύση της εκτέλεσης για ορισμένο χρόνο	Ειλικρος προγράμματος	ροής
WORKSPACE	WSP	Ορισμός χώρου εργασίας	Παραμετροι προγράμματος	

Βιβλιογραφία:

- [1] PSI, Programming system for industrial robots – Software Manual, EurobTec
- [2] IRS2C, Robot manual, EurobTec