

**Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης  
Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών  
Τμήμα Μηχανικών Αυτοματισμού**



**Πτυχιακή Εργασία**

**Προγραμματισμός Αρθρωτού Ρομποτικού Βραχίονα για Βιομηχανικές Εφαρμογές**



**Του Φοιτητή**

**Πολυχρονιάδη Χαράλαμπου**

**Αριθμός Μητρώου 102762**

**Επιβλέπον καθηγητής**

**Δρακάκη Μαρία**

## Δήλωση φοιτητή

Η παρούσα πτυχιακή εργασία και τα συμπεράσματα της, σε οποιαδήποτε μορφή, αποτελούν συνιδιοκτησία του Τμήματος Μηχανικών Αυτοματισμού του Αλεξάνδρειου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Θεσσαλονίκης και του φοιτητή. Οι προαναφερόμενοι διατηρούν το δικαίωμα ανεξάρτητης χρήσης και αναπαραγωγής (τμηματική η συνολικά) για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να αναφέρετε ο τίτλος, ο συγγραφέας, ο επιβλέπων και το τμήμα.

Η έγκριση της παρούσας πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Αυτοματισμού δεν υποδηλώνει απαραίτητος και την αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του τμήματος.

Ο υπογεγραμμένος δηλώνω υπεύθυνα ότι η παρούσα πτυχιακή εργασία είναι εξ' ολοκλήρου δικό μου έργο και συγγραφικό ειδικά για τις απαιτήσεις του προγράμματος σπουδών του Τμήματος Μηχανικών Αυτοματισμού.

Δηλώνω υπεύθυνα ότι κατά την συγγραφή ακολούθησα την πρόπαισα ακαδημαϊκή δεοντολογία αποφυγής λογοκλοπής και έχω αποφύγει οποιαδήποτε ενέργεια που συνιστά παράπτωμα λογοκλοπής.

(Όνομα, Υπογραφή, Ημερομηνία)

## Περίληψη

Η πτυχιακή εργασία αυτή αφορά τον προγραμματισμό αρθρωτού ρομποτικού βραχίονα, είτε χειροκίνητα είτε από πρόγραμμα CAD, για την υλοποίηση κοινών βιομηχανικών εφαρμογών.

Το ρομπότ που θα προγραμματίσουμε είναι ο βραχίονας Racer 5 0.80 της Comau στην γλώσσα PDL2 της ίδιας εταιρίας.

Θα αναλυθούν κάποιες βασικές έννοιες ρομποτικής και έπειτα θα πραγματοποιηθούν οι εφαρμογές οι οποίες θα παρουσιαστούν με μορφή βίντεο.

Στο τέλος θα καταλήξει σε συμπεράσματα ανά εφαρμογή.

## Περιεχόμενα

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή

- 1.1.1 Ιστορική Αναδρομή
- 1.1.2 Ρομποτική στην βιομηχανία
- 1.2 Ορισμός και κατηγορίες ρομπότ
- 1.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ρομπότ στην βιομηχανία
- 1.4 Μέθοδοι προγραμματισμού των ρομπότ
  - 1.4.1 Μέθοδοι διδασκαλίας
  - 1.4.2 Μέθοδοι με γλώσσα προγραμματισμού
  - 1.4.3 Μέθοδοι με την χρήση λογισμικού

### Κεφάλαιο 2: Βασικές έννοιες ρομποτικής

- 2.1.1 Βαθμοί ελευθερίας
- 2.1.2 Αρθρώσεις και σύνδεσμοι των ρομπότ
- 2.1.3 Βασική κινηματική θεωρία
- 2.1.4 Φάκελος εργασίας
- 2.1.5 Ωφέλιμο Φορτίο
- 2.1.6 Επαναληψιμότητα
- 2.1.7 Ακρίβεια
- 2.1.8 Κύριο σημείο εργαλείου τελικής δράσης (TCP-Tool Center Point)
- 2.1.9 Κατηγορίες κινήσεων
- 2.1.9 Κατηγορίες κινήσεων
- 2.1.10 Σημεία αναφοράς
- 2.1.11 Σημεία στόχων
- 2.2.1 Ο Ρομποτικός Βραχίονας *Comau Racer 5 0.80*



## **Κεφάλαιο 3: Εφαρμογές**

- 3.1 Λήψη και τοποθέτηση (Pick And Place)
- 3.2 Λήψη και τοποθέτηση με μηχανική όραση
- 3.3 Παλετοποίηση
- 3.4 Κατεργασία με την χρήση ρομπότ

## **Κεφάλαιο 4: Συμπεράσματα και παρατηρήσεις**

Βιβλιογραφία

## Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή



Ρομποτική ονομάζεται η επιστήμη που ασχολείται με με τον συνδυασμό διαφόρων εξαρτημάτων με σκοπό την ολοκλήρωση μιας λειτουργίας ακριβείας. Στην βιομηχανία η ρομποτική μελέτα τις μηχανές που μπορούν να αντικαταστήσουν τον άνθρωπο την εκτέλεση μιας εργασίας ή στην λήψη μιας απόφασης.

### 1.1 Ιστορική αναδρομή

Ο όρος ρομπότ προέρχεται από την σλάβικη λέξη ρομπότα που σημαίνει εργασία.

Ως πρώτο ρομπότ θα μπορούσε ίσως να θεωρηθεί το περιστέρι του Αρχύτα τον 4ο π.χ. Το περιστέρι αυτό ήταν κατασκευασμένο από ξύλο και οι κινήσεις του τροφοδοτούνταν από ατμό, έχοντας την δυνατότητα να πετάει έως και 200 μέτρα.

Το πρώτο προγραμματιζόμενο ρομπότ που εμφανίζεται στην ιστορία είναι το καράβι του Ιρακινού εφευρέτη Αλ-Τζαζάρι που δημιουργήθηκε το 1206. Ήταν ένα μουσικό καράβι με τέσσερις ρομποτικούς μουσικούς το οποίο επέπλεε στο νερό με μοναδικό σκοπό την διασκέδαση των πλουσίων της εποχής. Οι μουσικοί αυτοί ελεγχόντουσαν από γρανάζια, δεξαμενές και βαλβίδες που βρισκόντουσαν στο αμπάρι του πλοίου. Η χρήστης μπορούσε με μοχλούς να ελέγχει τις βαλβίδες που καθορίζαν την ταχύτητα με την οποία αδειάζουν και γεμίζουν οι δεξαμενές, προκαθορίζονταν πόσο γρήγορος η αργός θα είναι ο ρυθμός του κάθε ρομποτικού μουσικού ξεχωριστά. Αλλάζοντας λοιπόν τις αρχικές μεταβλητές μπορούσε να πάρει οποιοδήποτε μουσικό αποτέλεσμα επιθυμούσε.

Τα ρομπότ σαν ιδέα όμως εμφανίζονται πολύ παλαιότερα. Στην αρχαιότητα, ο μυθικός φύλακας της Κρήτης, ο Τάλως, περιγράφεται ως γιγάντιος, ανθρωπόμορφος και με σώμα από χαλκό. Θεωρείται το πρώτο ρομπότ που κατασκευάστηκε ποτέ ή δημιουργήθηκε από τη φαντασία. Σχετικά με την προέλευσή του, υπάρχουν διαφορετικές εκδοχές. Η πιο γνωστή, από τον Απολλόδωρο, λέει πως τον κατασκεύασε ο θεός Ήφαιστος και τον χάρισε στο βασιλιά Μίνωα για να φυλάει την Κρήτη. Ο Πλάτων τον θεωρεί υπαρκτό πρόσωπο, αδελφό του Ροδάμανθου. Ο Απολλώνιος ο Ρόδιος αναφέρει ότι ήταν δώρο του Δία στην Ευρώπη, η οποία μετά τον χάρισε στο γιο της Μίνωα.

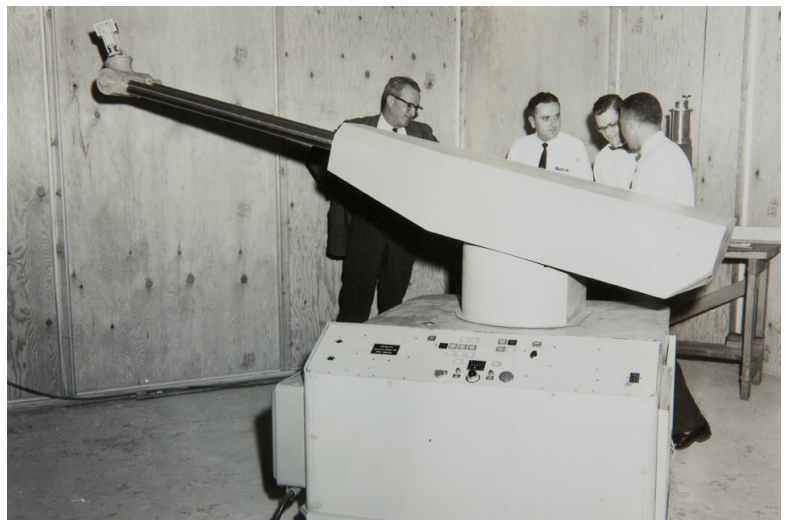
Ο όρος ρομπότ πρωτοεμφανίζεται στο θεατρικό έργο επιστημονικής φαντασίας “*Rossum’s Universal Robots*” του Τσέχου συγγραφέα Κάρελ Τσάπεκ το 1921. Η αυτοματοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας στις βιομηχανίες μαζικής παραγωγής αντικαθιστά τους ανθρώπους με εξειδικευμένες μηχανές που εκτελούν μια προκαθορισμένη σειρά κατεργασιών στα προϊόντα που παράγονται. Στόχος της αυτοματοποίησης, η οποία γίνεται εφικτή με την ανάπτυξη της επιστήμης και της τεχνολογίας τον 20ό αιώνα, είναι η αυξημένη παραγωγικότητα, η βελτιωμένη ποιότητα, η αύξηση του κέρδους των επιχειρήσεων αλλά και η ελεγχιμότητα των μέσων παραγωγής.

Την δεκαετία του 40, ο *Isaac Asimov*, ένας Ρώσος συγγραφέας επιστημονικής φαντασίας, μας παρουσιάζει στα έργα του τα ρομπότ ως κάτι που έχει την ανθρώπινη μορφή αλλά δίχως συναισθήματα που ελέγχεται από έναν προγραμματισμένο από άνθρωπο νου. Ο Asimov χρησιμοποιεί το όρο ρομπωτική ως την επιστήμη που μελετάει τα ρομπότ. Οι κανόνες που έθεσε ο συγγραφέας για αυτήν την επιστήμη χρησιμοποιούνται ακόμα και σήμερα και είναι οι παρακάτω :

- Το ρομπότ δε θα κάνει κακό σε άνθρωπο, ούτε με την αδράνειά του θα επιτρέψει να προκληθεί βλάβη σε ανθρώπινο ον
- Το ρομπότ πρέπει να υπακούει τις διαταγές που του δίνουν οι άνθρωποι, εκτός αν αυτές οι διαταγές έρχονται σε αντίθεση με τον πρώτο νόμο
- Το ρομπότ οφείλει να προστατεύει την ύπαρξή του, εφόσον αυτό δεν συγκρούεται με τον πρώτο και τον δεύτερο νόμο

Αυτό που συμπεραίνουμε τελικά, είναι το γεγονός ότι η ρομπωτική είναι στην ουσία μια τέχνη που εξελίχθηκε σε επιστήμη από τους αρχαίους ακόμη χρόνους.

Προχωρώντας παραπέρα, συνειδητοποιούμε ότι τα ρομπότ μπαίνουν δυναμικά στην ανθρώπινη καθημερινότητα διαδραματίζοντας έναν καταλυτικό ρόλο. Ωστόσο αυτό που φαίνεται να απασχολεί ιδιαίτερα την κοινή γνώμη είναι η εξέλιξη της ρομπωτικής στο μέλλον.



### **1.1.2 Ρομπωτική στην βιομηχανία**

Τα βιομηχανικά ρομπότ αναφέρονται πρώτη φορά από τον *G. C. Devol* το 1954 στις ηνωμένες πολιτείες, ο οποίος περιγράφει ένα ελεγχόμενο μηχανικό χέρι με το οποίο μπορούν να αυτοματοποιηθούν διάφορες επαναλαμβανόμενες βιομηχανικές εργασίες. Το 1961 η εταιρία *Unimation* θέτει σε λειτουργία το πρώτο βιομηχανικό ρομπότ.

## 1.2 Ορισμός και κατηγορίες ρομπότ

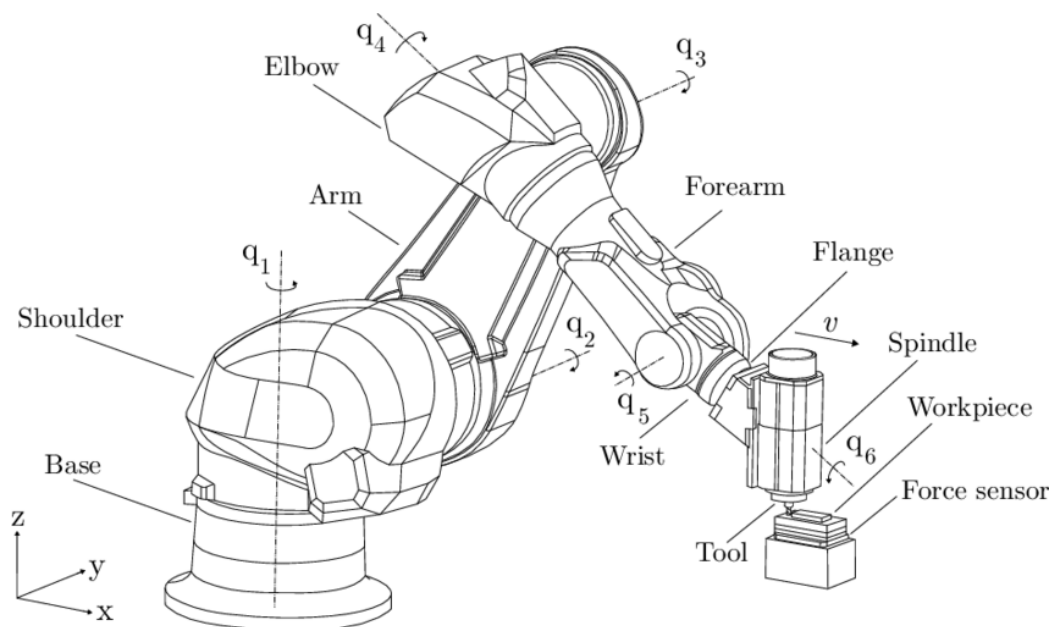
Ρομπότ ονομάζεται η μηχανική συσκευή η οποία εκτελεί εργασίες στην θέση του ανθρώπου, είτε με το αν το χειρίζεται αυτός είτε μέσω υπολογιστικού αυτόματου ελέγχου.

Ρομπότ μπορούμε να βάλουμε σε ένα πόστο που είναι επικίνδυνο ή δύσκολο για το άνθρωπο ή για να τις εκτελέσουν ταχύτερα και φθηνότερα από αυτόν. Έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παράγωγή μεγαλύτερων ποσοτήτων κάποιου προϊόντος με χαμηλότερο κόστος και ακριβή επαναληψιμότητα.

Το *Robot Institute of America* ορίζει ως ρομπότ ως τον μηχανισμό που μέσω προγραμματισμού κινήσεων μπορεί να μεταφέρει υλικά, τεμάχια, εργαλεία ή εξειδικευμένες συσκευές για την επίλυση μια πληθώρας εργασιών. Όπως για την επεξεργασία ή την κατεργασία διαφόρων προϊόντων.

Ο μηχανισμός αυτός αποτελείται συνολικά από:

- Το μηχανικό υποσύστημα, που μέσω μηχανισμών μετάδοσης κίνησης και αρθρώσεων επιτρέπουν το ρομπότ να κινηθεί.
- Το υποσύστημα αίσθησης, με το οποίο το ρομπότ αντιλαμβάνεται τον εαυτό του, τις κινήσεις του και σε ποιο σύγχρονες εφαρμογές τον κόσμο γύρω του
- Το σύστημα ελέγχου, το οποίο κατά κανόνα είναι ένα υπολογιστικό σύστημα υπεύθυνο για τον έλεγχο των κινήσεων, τις αλληλεπιδράσεις του ρομπότ και την λήψη αποφάσεων.



Τα ρομπότ μπορούμε να τα κατατάξουμε σε κατηγορίες ανάλογα με την μορφή τους, τα υποσυστήματά τους.

- Τα ρομπότ σταθερής βάσης είναι ο παραδοσιακός τύπο βραχίονα με καρπό και εργαλείο. Έχουν το ένα άκρο τους σταθερά στερεωμένο στο χορό τους και μια διαδοχή στέρεων σωμάτων που ενώνονται από αρθρώσεις και σχηματίζουν μία κινηματική αλυσίδα. Χωρίζονται στις παρακάτω υποκατηγορίες:
  - Καρτεσιανοί βραχίονες.
  - Βραχίονες Gantry.
  - Κυλινδρικοί Βραχίονες.
  - Σφαιρικοί Βραχίονες.
  - Ρομπότ τύπου Delta.
  - Ρομπότ τύπου SCARA.
  - Ανθρωπομορφικοί Βραχίονες.
- Τα κινούμενα ρομπότ. Τα κινούμενα ρομπότ είναι αυτά τα οποία έχουν την δυνατότητα να μετακινήσουν όλα τα σημεία του μηχανισμού τους. Τα κινούμενα ρομπότ, ανάλογα με την αυτονομία τους, χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες.
  - AGV.
  - Έντροχα Ρομπότ.
  - Βαδίζοντα Ρομπότ.
  - ROV.
  - AUV.
  - Εναέρια Ρομπότ(Drones).

### **1.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ρομπότ στην βιομηχανία.**

Τα βασικά πλεονεκτήματα των ρομπότ είναι η ακρίβεια και η επαναληψιμότητα τους. Μπορούν να επαναλαμβάνουν μια σκληρή για τον άνθρωπο εργασία για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Η απόδοση των ρομπότ κρίνεται από τον αριθμό επανάληψης της εργασίας τους σε δεδομένο χρόνο. Τα ρομπότ δεν επηρεάζονται από παράγοντες όπως η κόπωση, άσχημες και επικίνδυνες συνθήκες εργασίας.

Τα ρομπότ μπορούν να κάνουν μια επικίνδυνη ή ανθυγιεινή για τον άνθρωπο εργασία στην θέση του.

Η χρήση ρομποτικής αυξάνει την παραγωγικότητα, μειώνει το κόστος κατασκευής και τυποποιεί την ποιότητα των προϊόντων.

Σαν μειονεκτήματα μπορούν να αναθρέφουν το υψηλό κόστος την αρχικής επένδυσης. Επίσης τα ρομπότ θα κάνουν πολύ καλά και γρήγορα αυτό το οποίο έχουν προγραμματιστεί αλλά είναι δύσκολο και απαιτεί ειδικευμένο προσωπικό για να αλλάζουν τα καθήκοντά του. Για το τελευταίο πρόβλημα έχουν γίνει τεράστια άλματα προς την επίλυση του τα τελευταία χρόνια κάνοντας τα ρομπότ ολοένα και πιο εύκολα στον προγραμματισμό τους.

## **1.4 Μέθοδοι προγραμματισμού των ρομπότ.**

Σύμφωνα με την παρούσα βιομηχανική κατάσταση ένα ρομπότ μπορεί να προγραμματιστεί με διάφορους τρόπους. Οι βασικές του κατηγορίες είναι οι:

- Μέθοδοι διδασκαλίας
- Μέθοδοι με γλώσσα προγραμματισμού
- Μέθοδοι με την χρήση λογισμικού

### **1.4.1 Μέθοδοι διδασκαλίας**

Ο προγραμματισμός με μεθόδους διδασκαλίας χωρίζεται με την σειρά του σε δυο υποκατηγορίες. Την τροφοδοτημένη και την χειροκίνητη. Δεν απαιτητέ ιδιαίτερη ικανότητα από μέρος των προγραμματιστών και αυτές οι διαδικασίες μπορούν να εκτελεστούν με ευκολία στις εγκαταστάσεις εργασίας.

Στην τροφοδοτημένη διδασκαλία ο χειρίστης μετακινεί το ρομπότ στον χώρο με το χειριστήριο διδασκαλίας (*teach pedant*) και καταγράφει στην μνήμη τα επιθυμητά σημεία. Η τροφοδοτημένη διδασκαλία είναι η πιο διαδεδομένη και εύκολη και για αυτούς του λόγους είναι και η πρώτη που μαθαίνει συνήθως κανείς στα πρώτα του βήματα στην ρομποτική.

Στην χειροκίνητη μέθοδο τα φρένα των κινητήρων του ρομπότ ελευθερώνονται και ο χρήστης μπορεί με ευκολία να το μετακινεί στον χορό πιάνοντας το με το χέρι του. Με αυτήν την μέθοδο δίνεται η δυνατότητα στο ρομπότ να αποθηκεύει διαδρομές αντί για σημεία.

### **1.4.2 Μέθοδοι με γλώσσα προγραμματισμού**

Τα ρομπότ μπορούνε να προγραμματιστούνε και με την γλώσσα προγραμματισμού τους. Η γλώσσα διαφέρει ανάλογα με τον ελεγκτή αλλά κατά κανόνα είναι μια γλώσσα υψηλού επιπέδου. Σε πολλές περιπτώσεις χρειάζονται μεταβλητές σημείων που πρέπει να πάρει ο προγραμματιστής μέσω των μεθόδων διδασκαλίας. Ο προγραμματισμός αυτός μπορεί να γίνει είτε στο χειριστήριο διδασκαλίας είτε σε κάποιον ηλεκτρονικό υπολογιστή.

### **1.4.3 Μέθοδοι με την χρήση λογισμικού**

Τέλος ένα ρομπότ μπορεί να προγραμματιστεί και μέσω ενός λογισμικού. Οι περισσότεροι κατασκευαστές παρέχουν τέτοιου είδους λογισμικών για τον προγραμματισμό των ρομπότ τους αλλά υπάρχουν και πολλά από τρίτες εταιρίες οι οποίες υποστηρίζουν ρομπότ από πόλου κατασκευαστές. Σε αρκετά μάλιστα δίνεται η δυνατότητα να εισάγουμε η να δημιουργήσουμε το δικό μας ρομπότ. Μπορούμε να δούμε προσομοίωση της εφαρμογής μας ένα ψηφιακό τρισδιάστατο περιβάλλον και έπειτα να μας εξάγει το πρόγραμμα σε κωδικά της γλώσσας του ελεγκτή μας.

## Κεφάλαιο 2: Βασικές έννοιες ρομποτικής

### 2.1.1 Βαθμοί ελευθερίας

Οι βαθμοί ελευθερίας της κίνησης ενός στέρεου σώματος, ως προς ένα ακίνητο σημείο αναφοράς, μπορούν να χωριστούν: στις 3 μεταφορικές κινήσεις που μπορεί να κάνει αυτό το σώμα ως προς τους άξονες του καρτεσιανού σύστημα συντεταγμένων που ορίζουν τον τρισδιάστατο χώρο και τις 3 περιστροφικές κινήσεις γύρω τους. Γέρνοντας το σύνολο των μεγίστων βαθμών ελευθερίας στους 6.

Ο αριθμός βαθμών ελευθερίας που χαρακτηρίζουν ένα ρομπότ είναι ο αριθμός αυτών των βαθμών που δίνει το ρομπότ στον τελικό εργαλείο. Κατά κανόνα αυτός ο αριθμός είναι ίσος με τον αριθμό των βαθμών κινητικότητας του. Ο αριθμός των βαθμών κινητικότητας είναι ο αριθμός των αξόνων-αρθρώσεων που έχει.

### 2.1.2 Αρθρώσεις και σύνδεσμοι των ρομπότ

Ένας ρομποτικός βραχίονας αποτελείται από αρθρώσεις και σύνδεσμοι. Οι σύνδεσμοι μια σειρά διαδοχικών στερεών σωμάτων που συνδέονται μεταξύ τους με μέσω των αρθρώσεων. Το σύνολο αυτό είναι που ορίζει τις κινήσεις του και είναι η μεταβλητές του κινηματικού μοντέλου το οποίο λύνει ο ελεγκτής για να μας δώσει την ζητούμενη κίνηση.

Οι αρθρώσεις αυτές χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες.

- Η περιστροφική άρθρωση παρέχει έναν βαθμό ελευθερίας επιτρέποντας ένα σώμα να περιστραφεί σε ένα επίπεδο αποκόπτοντας την δυνατότητα οποιασδήποτε άλλης κίνησης. Λόγο της συχνότητας της την σύνδεση δυο σωμάτων είναι αυτή που συνήθως εννοείτε όταν λέμε απλά άρθρωση.
- Η τηλεσκοπική άρθρωση παρέχει και αυτή έναν βαθμό ελευθερίας αφήνοντας το σώμα να κινητέ στην διεύθυνση ενός άξονα.
- Η κυλινδρική άρθρωση είναι σαν την τηλεσκοπική αλλά επιτρέπει το σώμα να περιστραφεί γύρω από άξονα της κίνησης δίνοντας του συνολικά δυο βαθμούς ελευθερίας.
- Η σφαιρική άρθρωση προσφέρει και τους τρεις περιστροφικούς βαθμούς ελευθερίας στο σώμα στερώντας του αυτούς της μεταφοράς.
- Η άρθρωση κύλισης δίνει στο σώμα δυο βαθμούς ελευθερίας. Ένας περιστροφικό και έναν μεταφοράς. Η διαφορά της με την κυλινδρική είναι ότι ο άξονας περιστροφής είναι κάθετος στον άξονα μεταφοράς.
- Η ελεύθερη άρθρωση δίνει στο σώμα μας δυο περιστροφικούς βαθμούς ελευθερίας εμποδίζοντας το από τους υπόλοιπους.

### 2.1.3 Βασική κινηματική θεωρία

Ο κλάδος της μηχανικής που ονομάζουμε κινηματική είναι αυτός ο οποίος επικεντρώνεται στην κίνηση ενός αδιαφορώντας για την μάζα του ή τα αίτια της κίνησης.

Όσο αναφορά του ρομποτικούς βραχίονες, τα προβλήματα που καλούνται να λύσουν οι ελεγκτές τους είναι το ευθύ και το ανάστροφο κινηματικό.

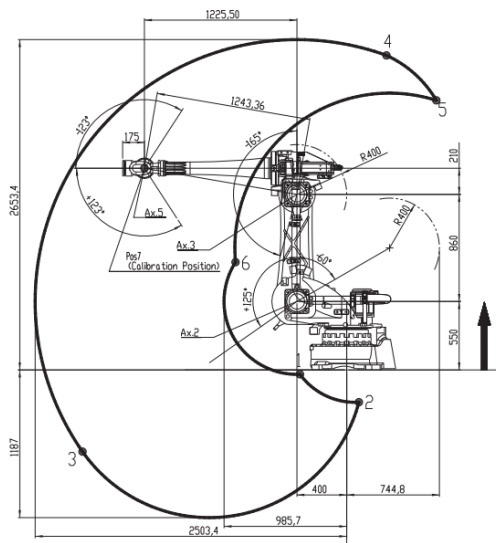
Στο ευθύ κινηματικό πρόβλημα αφορά την εύρεση της θέσης και του προσανατολισμού του εργαλείου του βραχίονα ως προς την βάση του γνωρίζοντας την θέση κάθε άρθρωσης. Η λύση αυτού του προβλήματος είναι πάντα μια.

Στο ανάστροφο κινηματικό πρόβλημα είναι γνωστά η θέση και ο προσανατολισμός του εργαλείου και αναζητούνται οι θέσεις των αρθρώσεων για να επιβεβαιωθούν. Οι λύσεις εδώ είναι πάνω από μια.

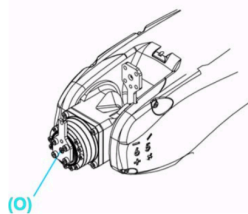
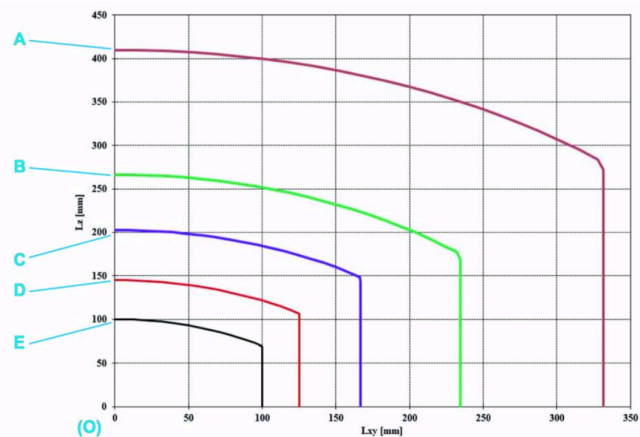
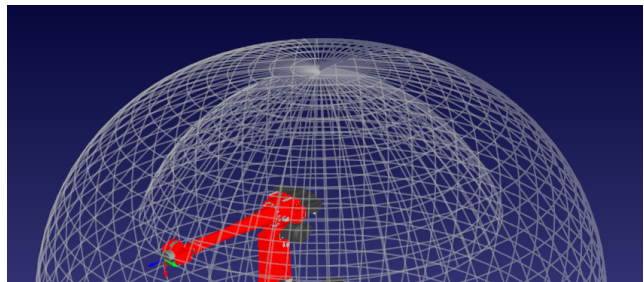
### 2.1.4 Φάκελος εργασίας

Ως φάκελος εργασίας ενός ρομπότ ορίζεται ο τρισδιάστατος χώρος που μπορείς να σαρώσει με την άκρη του(φλάντζα) το ρομπότ.

Ως φάκελος εργασίας μια ρομποτικής εφαρμογής, όμως, ορίζεται ο τρισδιάστατος χώρος που μπορείς να σαρώσει το κύριο σημείο εργαλείου τελικής δράσης(TCP-Tool Center Point) ή το πλήθος αυτών αν ένα ρομπότ με πολλαπλά εργαλεία η έχουμε περισσότερα από ένα ρομπότ στην εφαρμογή.



Comau NJ 40-Workspace



- A: M = 1 kg
- B: M = 2 kg
- C: M = 3 kg
- D: M = 4 kg
- E: M = 5 kg

### 2.1.5 Ωφέλιμο Φορτίο

Ως ωφέλιμο φορτίο ενός ρομπότ ορίζεται η δύναμη σε κιλά που μπορεί να ασκηθεί στο κέντρο της φλάντζας του ρομπότ. Τονίζεται ότι δεν είναι καθεαυτού τα κιλά που μπορεί να σηκώσει διότι συνυπολογίζονται η ροπή ανάλογα με το κέντρο βάρους ως προς αυτό το κέντρο και η αδράνεια ως προς την επιτάχυνση.



### **2.1.6 Επαναληψιμότητα**

Η επαναληψιμότητα ενός ρομπότ είναι το εύρος σφάλματος το οποίο ο βραχίονας πηγαίνει το κέντρο αναφοράς του εργαλείου του σε ένα σημείο πολλαπλές φορές κατά τον κύκλο εργασιών του.

### **2.1.7 Ακρίβεια**

Η ακρίβεια ενός ρομπότ είναι το εύρος σφάλματος το οποίο ο βραχίονας πηγαίνει το κέντρο αναφοράς του εργαλείου του στο σημείο που του έχει οριστεί.

### **2.1.8 Κύριο σημείο εργαλείου τελικής δράσης (TCP-Tool Center Point)**

Το κύριο σημείο τελικής δράσης του ρομπότ είναι το σημείο του εργαλείου το οποίο διαλέγει ο προγραμματιστής να δηλώσει στον ελεγκτή τις συντεταγμένες του ως προς το κεντρικό σημείο την φλάντζας του ρομπότ. Είναι αυτό το σημείο το οποίο θα μετακινήσει το ρομπότ στο καρτεσιανό στόχο που θα δοθεί από μια εντολή ευθύγραμμης κίνησης ή κίνησης τόξου. Είναι πολύ σημαντικό να δηλωθεί με ακρίβεια για την σωστή λειτουργία του ρομπότ. Σε κάποιες περιπτώσεις είναι πολύ εύκολο να διαλέξουμε το σημείο π.χ. σε ένα τρυπάνι θα δηλώσουμε την άκρη του τρυπανιού αλλά σε άλλες περιπτώσεις πιο συνθέτων εργαλείων θα πρέπει να διαλέξουμε ένα σημείο το οποίο να μην είναι πάνω στο εργαλείο αλλά να είναι το κέντρο κάποιων σημείων του π.χ. το κέντρο από δυο ή τέσσερις βεντούζες από μια αρπάγη κενού.

### **2.1.9 Κατηγορίες κινήσεων**

Τα βιομηχανικά ρομπότ μπορούν να εκτελέσουν τριών ειδών κινήσεις. Αξονικές, ευθύγραμμες και κυκλικές(κινήσεις τόξου). Οι αξονικές κινήσεις είναι αυτές που κατά την εντολή και την αποθήκευση χρησιμοποιούν οι μοίρες του κάθε άξονα σε αυτήν την θέση. Δεν χρειάζεται να λυθεί από τον ελεγκτή κάποιο κινηματικό μοντέλο και υπάρχει μόνο έναν

### **2.1.10 Σημεία αναφοράς**

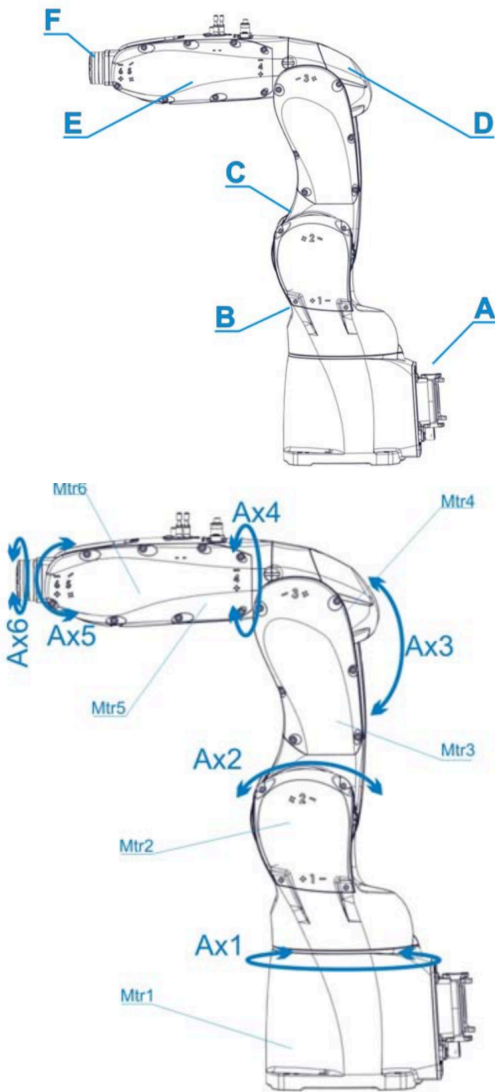
Τα σημεία αναφοράς είναι σημεία στον τρισδιάστατο χώρο που δηλώνονται από τον προγραμματιστή. Ως δικό τους σημείο αναφορά έχουν την βάση του ρομπότ και πρέπει να προσδιοριστεί με καρτεσιανές συντεταγμένες η απόστασή τους από αυτήν. Έπειτα χρησιμοποιούν σαν σημεία αναφοράς από τα σημεία στόχων για ευθύγραμμες ή κυκλικές κινήσεις.

### **2.1.11 Σημεία στόχων**

Τα σημεία στόχων, η μεταβλητές θέσεων, είναι συνθέτες μεταβλητές που αποθηκεύονται στον ελεγκτή του ρομπότ. Αποτελούνε από 6 πραγματικούς αριθμούς, 3 για τις καρτεσιανές συντεταγμένες και 3 για για την κατεύθυνση του κύριου σημείου του εργαλείου τελικής δράσης. Πάντα ως προς το σημείο αναφοράς. Αυτό σημαίνει ότι αν αλλάζουμε σημείο αναφοράς αλλάζουνε και όλα αυτά σημεία ως προς το κέντρο της βάσης του ρομπότ.

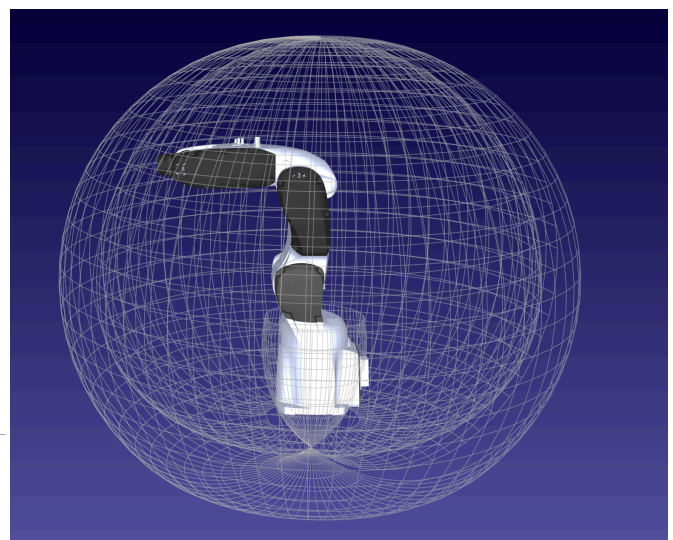
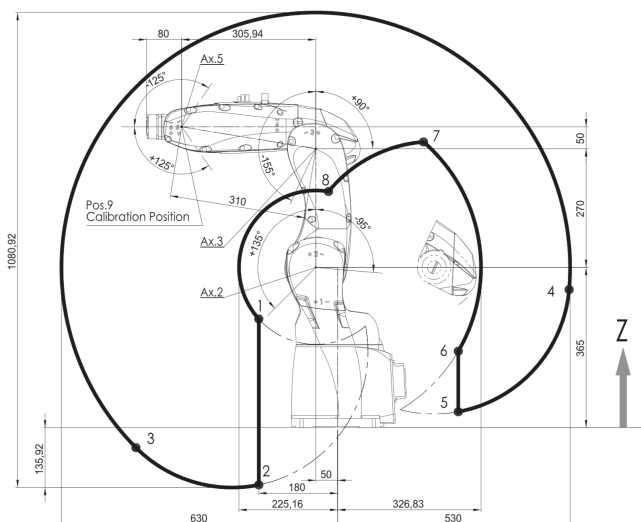
## 2.2.1 Ο Ρομποτικός Βραχίονας Comau Racer 5 0.80

Ο ρομποτικός βραχίονας COMAU RACER 5 είναι ένας βιομηχανικός αρθρωτός ρομποτικός βραχίονας 6 βαθμών ελευθερίας, όπως φαίνεται στο σχήμα (έξι άξονες).



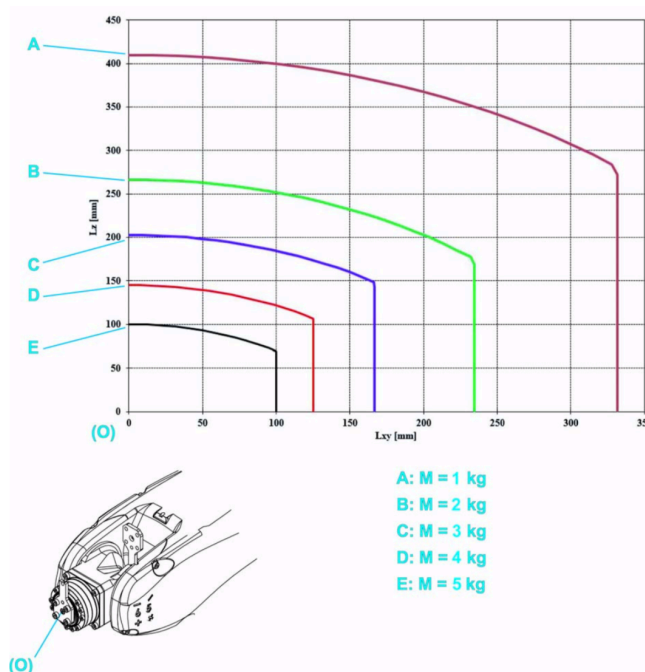
Αποτελείτε από την βάση(A), το σώμα, το μπράτσο, την πήχη, και την φλάντζα εργαλείου. Ως αρθρώσεις έχει την μέση(B), τον ώμο(C), τον αγκώνα(D), τον πήχη(E) και τον καρπό(F) που αποτελούν τους 5 άξονες του που συμπληρώνονται στους 6 την κύλιση της φλάντζας.

Ο ρομποτικός βραχίονας Racer 5 τις Comau έχει 2 εκδόσεις. Ένα με άνοιγμα 630 χιλιοστά και έναν με 809. Εμείς θα προγραμματίσουμε την τελευταία. Ο Φάκελος εργασίας του βραχίονα μας μπορεί να φανεί στις παρακάτω εικόνες.



Το ωφέλιμο φορτίο του βραχίονα μας ανέρχεται στα 5kg και έχει επαναληψιμότητα 0.03mm και μπορεί να φτάσει τα 0.005mm με το πακέτο “absolute accuracy” της Comau. Ζυγίζει 32kg και μπορεί να εγκατασταθεί και να δουλέψει σε οποιαδήποτε γωνιά. Η ροπή του 4ου και του 5ου άξονα φτάνει τα 8.83Nm και του 6 τα 4.91Nm. Τα όρια των αξόνων κατά σειρά είναι τα: +/- 170° με ταχύτητα 400°/s για τον πρώτο άξονα, -85°/+135° με ταχύτητα 360°/s για τον δεύτερο, -155° / +90° με ταχύτητα 400°/s για τον τρίτο, +/- 200° με ταχύτητα 500°/s για τον τέταρτο, +/- 125° με ταχύτητα 500°/s για τον πέμπτο και +/- 2700° με ταχύτητα 800°/s για τον έκτο.

Οι συνθήκες λειτουργίας του είναι σε υγρασία από 5% έως 95% υγρασία, από 0 έως 45 βαθμούς Κελσίου με μέγιστη άνοδο η κάθοδο ανά δευτερόλεπτο του 1,5 °C.



Μεταβολή του ωφέλιμου φορτίου ως προς την απόσταση από το κέντρο τη φλάντζας

## Κεφάλαιο 3: Εφαρμογές

Σε αυτό το κεφαλαίο θα δούμε μια μια τις εφαρμογές και θα έχουμε αποτελέσματα, συμπεράσματα και παρατηρήσεις για την κάθε μια ξεχωριστά.

### 3.1Ληψη και τοποθέτηση (Pick And Place)

Το *Pick And Place* είναι ίσως σ συχνότερη και βασικότερη εφαρμογή των ρομποτικών βραχιόνων στην βιομηχανία.

Σε αυτές της εφαρμογές ο βραχίονας ξεκινάει τον κύκλο του από μια ουδέτερη θέση και, πλησιάζει το αντικείμενο σε θέση προσέγγισης για λήψη, έπειτα σε θέση λήψης, κλείνει την αρπάγη του, ξανά στην θέση προσέγγισης για λήψη, συχνά μεταβαίνει σε μια η περισσότερες ενδιάμεσες θέσεις, έπειτα στην θέση προσέγγισης για τοποθέτηση, στην θέση τοποθέτησης και ανοίγει την αρπαγή του, ξανά στην θέση προσέγγισης για τοποθέτηση και τέλος ξανά στην ουδέτερη θέση.

Συχνά το ρομπότ περιμένει κάποιο σήμα ότι υπάρχει έτοιμο αντικείμενο προς λήψη. Αυτό γίνεται με την χρήση μιας ψηφιακής εισόδου και συνηθίζεται να γίνεται στην θέση προσέγγισης για λήψη για βελτιστοποίηση του χρόνου του κύκλου εργασίας.

Ο κώδικας που γράψαμε για αυτήν την εφαρμογή στην γλώσσα προγραμματισμού PDL2 της Comau είναι ως εξής.

CYRCLE

MOVE JOINT TO jnt00000P // Πηγαίνει αξονικά στην αρχική θέση ώστε να μηδενίσουν οι άξονες.

MOVEFLY Linear to pnt00001P ADVANCE // Πηγαίνει ευθύγραμμα χωρίς να σταματήσει στην θέση προσέγγισης

MOVE Linear to pnt00002P // Πηγαίνει ευθύγραμμα στην θέση λήψης

CLOSE HAND 1 // Κλείνει την αρπάγη

MOVEFLY Linear to pnt00001P ADVANCE // Επιστρέφει ευθύγραμμα χωρίς να σταματήσει στην θέση προσέγγισης

MOVEFLY Linear to pnt00003P ADVANCE // Πηγαίνει ευθύγραμμα χωρίς να σταματήσει σε μια ενδιάμεση θέση

MOVEFLY Linear to pnt00004P ADVANCE // Πηγαίνει ευθύγραμμα χωρίς να σταματήσει στην θέση προσέγγισης

MOVE Linear to pnt00005P /?Πηγαίνει ευθύγραμμα στην θέση απόθεσης

OPEN HAND 1 // Ανοίγει την αρπάγη

MOVEFLY Linear to pnt00004P ADVANCE // Επιστρέφει ευθύγραμμα χωρίς να σταματήσει στην θέση προσέγγισης

MOVE JOINT TO jnt00000P // Πηγαίνει αξονικά στην αρχική θέση ώστε να μηδενίσουν οι άξονες.

Από ότι μπορεί να παρατηρήσει κάποιος για την πρώτη κίνηση του ρομπότ χρησιμοποιήθηκε η εντολή MOVE JOINT αντί για την MOVE LINEAR. Αυτό έγινε για να επαναφέρονται οι άξονες, κύριος ο έκτος, στην αρχή κάθε κύκλου για να αποφύγουμε με το πέρασμα των κύκλων να φτάσει σε κάποιο όριο και κάνει κάποια απρόβλεπτη κίνηση.

Οι κινήσεις οι οποίες δεν είναι για τα σημεία αυτά της λήψης η της τοποθέτησης χρησιμοποιείτε η εντολή MOVEFLY Linear... ADVANCE από σε αντίθεση με την MOVE Linear δεν πάει ακριβώς στο σημείο που του ζητήσαμε και σταματάει αλλά περνάει από κοντά του και προχωράει. Αυτό το κάνουμε για εξοικονόμηση χρόνου και χρησιμοποιείτε η MOVE Linear εκεί που θέλουμε να πάει με ακρίβεια και να σταματήσει.

Θα μπορούσαμε να έχουμε την εντολή WAIT DIX πριν την εντολή MOVE Linear to pnt00002 για την λήψη αν είχαμε αισθητήριο ώστε ο βραχίονας να περιμένει σήμα στην είσοδο X πριν πάρει το αντικείμενο καθώς και την εντολή DELAY Y για να περιμένει Y χιλιοστά του δευτερολέπτου για να κλείσει η αρπάγη η ακόμα και ξανά μια WAIT DIX σε περίπτωση που είχαμε αισθητήριο επιβεβαίωσης στην αρπάγη.

Στο *video1* βλέπουμε την εκτέλεση αυτού του προγράμματος.

### 3.2 Λήψη και τοποθέτηση με μηχανική όραση (Pick And Place with machine Vision)

Σε αυτήν την εφαρμογή έχουμε σε κοινό τοπικό δίκτυο τον ρομποτικό βραχίονα καθώς και μια βιομηχανική κάμερα Cognex. Η κάμερα έχει προγραμματιστεί να εντοπίζει τα φρούτα σε ένα σηκωμένο frame και να στέλνει μέσω TCP/IP στο βραχίονα ένα string με της συντεταγμένες X και Y καθώς και έναν κωδικό για το χρώμα. Το string έχει μέγεθος 7 ψηφίων με την μορφή xxxyyyz. το c είναι 1 για κίτρινο, 2 για πράσινο, 3 για μοβ και 0 όταν δεν εντοπίζει φρούτο για να ενεργοποιείτε μια ρουτίνα αναμονής και να ξαναδοκιμάζει.



Σε κάθε διαφορετική περίπτωση χρώματος θα βάζει το φρούτο σε διαφορετικό κασόνι. Για τα σημεία των φρούτων προς λήψη χρησιμοποιούνε εντολές κινήσεις με ανοιχτές μεταβλητές:

```
MOVEFLY LINEAR (x , y , za , 0 ,180 , 0) ADVANCE  
MOVE LINEAR (x , y , zy , 0 ,180 , 0)
```

Από την δήλωση του σημείου αναφοράς και του κύριου σημείου εργαλείου τελικής δράσης για  $z=0$  είναι η άκρη της αρπάγης ακουμπάει το τραπέζι.

Ως  $z_a$  έχουμε την μεταβλητή  $z$  για την προσέγγιση και την ορίσαμε 50mm ( $z := 70$ ) και ως  $z_p$  για την λήψη τα 15mm ( $z := 8$ ).

Αφού ληφθεί από τον ελεγκτή του ρομπότ το string από την κάμερα το σπάμε σε 3 integer μεταβλητές με την εντολή DECODE.

```
DECODE (iread, x::3, y::3, c::1)
```

Με αυτό τον τρόπο τα πρώτα 3 νούμερα αποθηκεύονται στην μεταβλητή του  $x$ , τα επόμενα 3 στην μεταβλητή του  $y$  και το τελευταίο στην μεταβλητή του  $c$ .

Να σημειωθεί εδώ ότι θα μπορούσαμε από την κάμερα να παίρνουμε και την περιστροφή του ως προς  $z$  ( $rz$ ). Σε αυτήν την περίπτωση το string μας θα έχει μέγεθος 10 ψηφίων και θα το κάναμε decode κάπως έτσι:

```
DECODE (iread, x::3, y::3,rz::3 ,c::1)
```

Και οι εντολές κίνησης μας θα ήταν:

```
MOVEFLY LINEAR (x , y , za , 0 ,180 , rz) ADVANCE  
MOVE LINEAR (x , y , zp , 0 ,180 , rz)
```

Δεν το χρησιμοποιούμε όμως για τον λόγο ότι τα αντικείμενα μας έχουν στρογγύλο σχήμα.



Η ρουτίνα που γράψαμε για τον έλεγχο της κάμερας από το ρομπότ είναι η εξής:

```
PROGRAM tcp_hyb NOHOLD // Το όνομα την ρουτίνας. Το NOHOLD σημαίνει ότι είναι σαν μια εντολή και εκτελείτε ολόκληρη ακόμα και σε step-by-step
CONST // Δήλωση σταθερών
    ki_dv_accept = 29 // σταθερά αποδοχής για την υπό ρουτίνα DV_CNTRL
    ki_dv_connect = 30 // σταθερά σύνδεσης για την υπό ρουτίνα DV_CNTRL
    ki_dv_disconnect = 31 // σταθερά αποσύνδεσης για την υπό ρουτίνα DV_CNTRL
VAR // Δήλωση μεταβλητών
    vi_netlun_str: String[5] // για την υπό ρουτίνα DV_CNTRL
    vi_netlun : INTEGER // για την υπό ρουτίνα DV_CNTRL
    vi_local_port : INTEGER // Χρησιμοποιείτε για την δήλωση της πόρτας δικτύου του ρομπότ
    vi_rem_host : STRING[100] NOSAVE // Χρησιμοποιείτε για την δήλωση της διεύθυνσης της κάμερας
    vi_rem_port : INTEGER // Χρησιμοποιείτε για την δήλωση της πόρτας δικτύου της κάμερας
    vi_read_string : STRING[10] NOSAVE // Το string που διαβάζει το ρομπότ
    iread : STRING[10] EXPORTED FROM prog_camera // Η μεταβλητή από το κύριο πρόγραμμα
    admin : String[5] // Το όνομα χρήστη και ο κωδικός που ορίσαμε στην κάμερα
BEGIN
    vi_local_port := 1101 // η πόρτα του ρομπότ
    OPEN FILE vi_netlun ('NETT', 'rw') // Άνοιγμα του socket
    vi_rem_host := 192.168.1.232 // Η διεύθυνση της κάμερας
    vi_rem_port := 23 // Η πόρτα telnet που χρησιμοποιεί η κάμερα
    DV_CNTRL(ki_dv_connect, (vi_netlun), (vi_rem_host), (vi_rem_port)) // Σύνδεση
    IF $DV_STS = 0 THEN // Αν δεν εντοπιστικέ σφάλμα τότε
        WRITE vi_netlun ('admin\013\10') // Στέλνει admin στην κάμερα και "enter" για username
        WRITE vi_netlun ('admin\013\10') // Στέλνει admin στην κάμερα και "enter" για password
        WRITE vi_netlun ('SE8\013\10') // Στέλνει το κωδικό για trigger στην κάμερα και "enter"
        DV_CNTRL(ki_dv_disconnect, (vi_netlun)) // Αποσύνδεση
    ENDIF
    DV_CNTRL(ki_dv_accept, (vi_netlun), (vi_local_port)) // Διάβασμα από socket
    IF $DV_STS = 0 THEN // Αν δεν εντοπιστικέ σφάλμα τότε
        WRITE LUN_CRT ('[SERVER] Accept successful, NL) // Ενημέρωση στον χρήστη
        READ vi_netlun (vs_read_string) // Αντιγραφή του socket στην μεταβλητή
        WRITE LUN_CRT ('[SERVER] I read ', vs_read_string, NL) // Ενημέρωση στον χρήστη
        WRITE vi_netlun ('Bye bye C5G', NL) // Μήνυμα προς την κάμερα
        iread := vs_read_string // Μεταφορά στην μεταβλητή του κύριος προγράμματος
    ENDIF
    CLOSE_FILE vi_netlun // Κλείσιμο του socket
END tcp_hyb // Τέλος προγράμματος
```

Στο κύριο πρόγραμμα το ρομπότ διαβάζει από την κάμερα. Αν το string ισούται με 000000 ( Η κάμερα προγραμματιστικέ να δίνει αυτό όταν δεν βρίσκει φρούτο) τότε έχουμε ένα delay μερικών δευτερολέπτων και ξαναδοκιμάζει.

Σε άλλη περίπτωση ακολουθεί μια από τις τρεις διακλαδώσεις και ανάλογα με την τιμή του c, δηλαδή το χρώμα, αφήνει το φρούτο στο ανάλογο καλάθι.

### 3.3 Παλετοποίηση

Το πρόγραμμα σε αυτήν την εφαρμογή ΔΕΕ πραγματοποιήθηκε από το RACER 5 0.80 αλλά από το PAL 180 της COMAU. Είναι ένα ρομπότ 4 αξόνων που δημιουργήθηκε για εφαρμογές παλετοποίησης.

Το ρομπότ επιβεβαιώνει από έναν ή περισσότερους σε σειρά αισθητήρες την θέση του προς λήψη αντικείμενου και έπειτα το πηγαίνει προς απόθεση στην θέση του στην παλέτα.

Για τις θέσεις στην παλέτα έχουν δημιουργηθεί δυο πίνακες μεταβλητών θέσεων ρομπότ. Ένας για τα σημεία αποθέσεις ( pp[n] ) και ένας για τα σημεία προσέγγισης τους ( pa[n] )

Το πρόγραμμα πάει ως εξής:

```
Toolframe(1,1,1) //Δήλωση εργαλείου, σημείου αναφοράς και ρομπότ
MOVE JOINT TO jnt0001P // Πηγαίνει αξονικά στην αρχική θέση ώστε να μηδενίσουν οι άξονες.
FOR I:=1 TO n DO // n Ο αριθμός κελιών του πίνακα μεταβλητών θέσεως
  MOVE LINEAR TO pnt0001P // Πηγαίνει ευθύγραμμα στην θέση προσέγγισης για λήψη
  WAIT FOR $DIN[x] = ON // Περιμένει να γίνει 1 η είσοδος του αισθητηρίου / αισθητηρίων.
  MOVE LINEAR TO pnt0002P // Πηγαίνει ευθύγραμμα στην θέση λήψης
  CLOSE HAND 1 // Πιάνει το αντικείμενο
  DELAY 500 // Μικρή καθυστέρηση μισού δευτερολέπτου για να επιβεβαιωθεί το πιάσιμο
  MOVE LINEAR TO pnt0001P // Επιστρέφει ευθύγραμμα στην θέση προσέγγισης για λήψη
  MOVE JOINT TO jnt0001P // Επιστρέφει αξονικά στην αρχική θέση ώστε να μηδενίσουν οι άξονες.
  MOVE LINEAR TO pnt0002P // Πηγαίνει ευθύγραμμα σε θέση πάνω από την παλέτα
  MOVE LINEAR TO pa[i] // Πηγαίνει ευθύγραμμα στην θέση προσέγγισης προς απόθεση
  MOVE LINEAR TO pp[i] // Πηγαίνει ευθύγραμμα στην θέση απόθεσης
  OPEN HAND 1 // Αφήνει το αντικείμενο
  DELAY 500 // Μικρή καθυστέρηση μισού δευτερολέπτου για να επιβεβαιωθεί την απόθεση
  MOVE LINEAR TO pa[i] // Πηγαίνει ευθύγραμμα στην θέση προσέγγισης προς απόθεση
  MOVE LINEAR TO pnt0002P // Πηγαίνει ευθύγραμμα σε θέση πάνω από την παλέτα
  MOVE JOINT TO jnt0001P // Επιστρέφει αξονικά στην αρχική θέση ώστε να μηδενίσουν οι άξονες.
ENDFOR
```

### **3.4 Κατεργασία με την χρήση ρομπότ**

Για αυτήν την εφαρμογή χρησιμοποιήσαμε τον λογισμικό SprutCAM Robot 11. Ένα πρόγραμμα CAM που εξειδικεύεται στην κατεργασία με την χρήση ρομπότ. Δύστυχος ο βραχίονας μας δεν υπήρχε στην βιβλιοθήκη του και αντί αυτού χρησιμοποιήσαμε τον Comau Racer 7 1,4 για τον offline προγραμματισμό αλλά τρέξαμε το πρόγραμμα που δημιουργήθηκε στον Comau Racer 5 0.80 που έχουμε

Στο SprutCAM εισάγαγε ένα αρχείο τύπου step από ένα άγαλμα που βρήκαμε online. Εισήγαμε το step του εργαλείου που χρησιμοποιήσαμε (kress router) και δηλώσαμε με όση περισσότερη ακρίβεια μπορούσαμε τα γεωμετρικά του χαρακτηριστικά, για να έχουμε το πιο ακριβές κύριο σημείο εργαλείου τελικής δράσης.

Λόγο του ότι είχαμε άλλο ρομπότ στο πρόγραμμα και άλλο στην πραγματικότητα στάθηκε αδύνατο να κάνουμε interpolation κατά την διεργασία. Αντ' αυτού δίναμε κατευθύνσεις κατεργασίας στο ρομπότ δημιουργώντας υπό προγράμματα. Περισσότερες κατευθύνσεις σημαίνει περισσότερο ακριβές αποτύπωση του τρισδιάστατου μοντέλου.

Για την εκτέλεση ασφαλίσαμε το κομμάτι μας σε μια μέγκενη για να το κρατάει σταθερό.

Χειροκίνητα στο SprutCAM είχαμε σαν πρώτη κίνηση να πηγαίνει και να ακουμπάει μια γωνιά από το αντικείμενο. Εκτελούσαμε αυτήν την εντολή και αλλάζαμε το σημείο αναφοράς μέχρι να πετύχουμε το σωστό.

Μόλις το επιβεβαιώσαμε ξεκινήσαμε την κατεργασία.

Μπορούμε να δούμε την τελική δοκιμή στο βίντεο. Ο κώδικας θα επισημανθεί μαζί με την εργασία σε ξεχωριστό αρχείο γιατί είναι υπερβολικά μεγάλος.

*//Τρις περί χαλκείους Κρήτην ποσί δινεύοντα, Απολλώνιος ο Ρόδιος, Αργοναυτικά 4, 1644*



## **Κεφάλαιο 4: Συμπεράσματα και παρατηρήσεις**

### **4.1 Παρατηρήσεις**

#### **4.1.1 Λήψη τοποθέτηση**

Η Λήψη τοποθέτηση είναι από τις βασικότερες και ευκολότερες χρήσεις ενός βιομηχανικού βραχίονα. Έχει εφαρμογές σε σχεδόν σε όλου του κλάδους τις βιομηχανίας. Είναι μια εφαρμογή που στην απλή της μορφή μπορεί να προγραμματιστεί από μηχανικό με ελάχιστη εμπειρία στην ρομποτική.

Η σημαντικότερη πρόκληση σε αυτές τις εφαρμογές είναι η επιλογή της κατάλληλης αρπάγης. Καθώς κάθε εφαρμογή είναι μοναδική λόγω του αντικειμένου και του περιβάλλοντος.

Ανάλογα με τις απαιτήσεις της εφαρμογής μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε από ένα μικρό ρομπότ τεσσάρων αξόνων τύπου *scara* μέχρι και πολύ μεγαλύτερα με έξι άξονες και παραπάνω ως εξωτερικούς.

#### **4.1.2 Λήψη τοποθέτηση με ρομποτική όραση**

Ενώ αυτή η εφαρμογή μοιάζει να είναι πολύ όμοια με την προηγούμενη στην πραγματικότητα είναι πολύ πιο συνθέτη. Ο λόγος είναι ότι χρειάζεται πολύ σχολαστική ενσωμάτωση των ρομποτικών συστημάτων με αυτών την μηχανικής όρασης.

Κατά κύριο λόγο για αυτούς τους σκοπούς χρησιμοποιούνε τεχνικές δικτύων αλλά και βιομηχανικά πρωτοκόλλα επικοινωνίας ( *profinet*, *profibus*, *etherCAT* κ.α.)

Ο λόγος που προτιμάτε έναντι της απλής είναι σε περιπτώσεις που τα αντικείμενα ερχοντε σε ακαθόριστη ροή και δεν μπορεί να γίνει ταξινόμηση η προτιμάτε να αποφευχθεί.

Ένας άλλος λόγος είναι όταν θέλουμε να γίνει κάποιου τύπου διαλογή η ποιοτικός έλεγχος κατά την λήψη των αντικειμένων η όταν τα αντικείμενα βρίσκονται σε κίνηση.

#### **4.1.3 Λήψη τοποθέτηση με ρομποτική όραση**

Η παλετοποίηση είναι και αυτή μια. εφαρμογή με καθολική χρήση στην βιομηχανία.

Μονοπωλεί κατά κύριο λόγο στο τέλος της γραμμής παράγωγης και μπορεί και αυτή να χρησιμοποιηθεί με την χρήση ρομποτικής όρασης.

#### **4.1.4 Κατεργασία με. την χρήση ρομπότ**

Η κατεργασία με την χρήση ρομπότ έρχεται να για να αλλάξει τα μέχρι τώρα δεδομένα με την χρήση. μηχανών *cnc*.

Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει έναντι της κατεργασίας με *cnc* είναι ο φάκελος εργασίας, η ευελιξία του και το χαμηλότερο κόστος. Ενώ τα μειονεκτήματα τους είναι η αντοχή και η ακρίβεια

## **4.2 Γενικές παρατηρήσεις**

Γενικά παρατηρούμε ότι η ρομποτική είναι ένας κλάδος ραγδαία αναπτυσσόμενος όπου η χρήση τους σταματάει εκεί που σταματάει και η φαντασία μας.

Ως δεξιότητα είναι μια από της πιο χρήσιμες που μπορεί να αναπτύξει ένας σημερινός Μηχανικός Αυτοματισμού.

## Βιβλιογραφία

[https://nereus.mech.ntua.gr/courses/robotics/robotics\\_pdf/intro.pdf](https://nereus.mech.ntua.gr/courses/robotics/robotics_pdf/intro.pdf)

<https://www.newsbeast.gr/technology/arthro/667477/to-proto-robot-stin-istoria-tis-anthropotitas>

<https://projectrobotics.wordpress.com/team1/ορισμοί-των-ρομπότ/>

<https://www.schooling.gr/article/29/ti-einai-i-rompotiki>

<https://projectrobotics.wordpress.com/team1/κατηγορίες-των-ρομπότ/>

[http://www.eln.teilam.gr/sites/default/files/lesson08\\_1.pdf](http://www.eln.teilam.gr/sites/default/files/lesson08_1.pdf)

<https://projectrobotics.wordpress.com/team1/ρομπότ-στον-κινηματογράφο/>

[https://el.wikipedia.org/wiki/Βαθμοί\\_ελευθερίας](https://el.wikipedia.org/wiki/Βαθμοί_ελευθερίας)

<https://ikee.lib.auth.gr/record/296733/files/GRI-2018-21073.pdf>

COMAU\_Racer\_5\_stm\_en\_manual.pdf

COMAU\_PDL2 PROGRAMMING FOR COMAU ROBOTICS.pdf

COMAU\_R1C-manual.pdf

*Τρις περί χαλκείους Κρήτην ποσί δινεύοντα, Απολλώνιος ο Ρόδιος, Αργοναυτικά 4, 1644*