



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧ/ΚΩΝ & ΜΗΧ/ΚΩΝ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΤΟΜΕΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ, ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ

1^η Εργαστηριακή Άσκηση: Ρομποτικό Κύτταρο

Ομάδα Γ5:

Δάσκος Ραφαήλ (03116049)

Ζάρρας Ιωάννης (03116082)

Παπαγεωργίου Νικολέττα-Ευσταθία (03116648)

Μιχαήλ Μελέτης (03116677)



Περιγραφή του πειράματος/ Θεωρία

Σκοπός του εργαστηρίου αυτού ήταν να καταφέρουμε να ταξινομήσουμε και να τοποθετήσουμε ορισμένα αντικείμενα με τη χρήση του ρομποτικού χειριστή. Η ταξινόμηση αυτή έγινε με βάση το υλικό από το οποίο ήταν φτιαγμένα τα αντικείμενα (μεταλλικά ή πλαστικά) μας αλλά και από το αν είχαν φορτίο στην περίπτωση που ήταν μεταλλικά (φορτισμένα ή μη).

Όλο αυτό έγινε με τον προγραμματισμό ενός ρομποτικού χειριστή, τον οποίο τον χαρακτηρίσαμε ως ρομποτικό κύτταρο καθώς η λειτουργία του μοιάζει με αυτή του κυττάρου. Ο βραχίονας αυτός έχει 5 βαθμούς ελευθερίας και ένα gripper το οποίο λειτουργεί με τη χρήση αέρα. Το gripper μπορεί να ανοίγει και να κλείνει για να πιάσει ή να αφήσει το εκάστοτε υλικό αναλόγως με τη διεργασία που πραγματοποιούμε εκείνη τη στιγμή. Έχει επίσης 5 περιστροφικούς άξονες που οδηγούνται από έναν σεβρό-κινητήρα ο καθένας, δηλαδή δε γνωρίζουμε πως θα πάει στην εκάστοτε θέση μιας και μπαίνουν έτοιμοι στο ρομπότ. Η άλλη επιλογή είναι DC κινητήρες που επιστρέφουν ροπή για να είναι ελέγξιμοι, αλλά το συγκεκριμένο ρομπότ δεν έχει τέτοιους. Από τη στιγμή που «ανοίξουμε» το ρομπότ μπαίνει σε θέση αρχικοποίησης που είναι όλα τα σημεία του τελείως ευθεία, είναι δηλαδή στραμμένο κατακόρυφα προς τα πάνω.

Εκτός από το βραχίονα στο πείραμά μας έχουμε και 3 αισθητήρες οι οποίοι μας βοηθούν στην αναγνώριση των υλικών με σκοπό την ταξινόμηση τους. Αυτοί είναι: επαγωγικός, οπτικός και χωρητικός. Αρχικά, ο επαγωγικός μας βοηθά να διακρίνουμε αν το αντικείμενο που περνάει από αυτόν είναι μέταλλο ή όχι (το πλαστικό το θεωρεί ως αέρα). Ο αισθητήρας αυτός βρίσκεται στη βάση που είναι τοποθετημένα τα αντικείμενα που θα αρχίσουμε να τοποθετούμε και κοιτάει το 2^ο κατά σειρά αντικείμενο που υπάρχει πριν το έμβολο (θα το αναλύσουμε παρακάτω). Το έμβολο βγάζει το 1^ο από κάτω αντικείμενο. Στη συνέχεια, ο οπτικός υπάρχει αμέσως μετά το έμβολο που είπαμε και πριν και αυτός «κοιτάει» αν έχει ή όχι μπροστά του κάποιο αντικείμενο αφού το έμβολο προσπαθήσει να βγάλει ένα υλικό από τη βάση. Αν δεν έχει τίποτα μπροστά του, όταν του ζητήσουμε να κοιτάξει, τότε πάει να πει ότι έχουμε τελειώσει την ταξινόμηση αντικειμένων. Τέλος, ο χωρητικός βρίσκεται σε ξεχωριστό σημείο. Σε αυτόν πηγαίνουμε τα υλικά σε περίπτωση που είναι μεταλλικά για να αποφανθούμε εάν είναι φορτισμένα ή όχι. Βέβαια ο αισθητήρας αυτός είναι μιας πολικότητας που σημαίνει ότι ένα υλικό μπορεί να είναι φορτισμένο αλλά να το έχουμε τοποθετήσει με λάθος προσανατολισμό και να μην αναγνωριστεί. Για το λόγο αυτό, στο πρόγραμμα ελέγχου μας θα πρέπει να κοιτάμε και τις δύο πλευρές στην περίπτωση που η πρώτη μας βγάλει αφόρτιστο στοιχείο, γιατί όπως είπαμε μπορεί να είναι όντως φορτισμένο αλλά να το τσεκάρουμε ανάποδα.

Τέλος, έχουμε και 3 έμβολα. Το 1^ο όπως αναφέραμε είναι στη βάση στην οποία τοποθετούνται αρχικά τα αντικείμενα πριν ξεκινήσουμε να τα εξετάζουμε. Αυτό αφαιρεί ένα αντικείμενο κάθε φορά (εφόσον υπάρχει) από τη βάση και το στέλνει μπροστά από

τον οπτικό αισθητήρα για να αρχίσει η διαδικασία ταξινόμησης. Τα άλλα 2 είναι για να τοποθετήσουν ετικέτες στα αντικείμενα, ώστε έπειτα να ξέρουμε αν τα υλικά που έχουμε ταξινομήσει είναι μεταλλικά ή πλαστικά, γι' αυτό και έχουμε δύο έμβολα για ετικέτες. Και τα 3 λειτουργούν με τη χρήση αέρα. Όλα τα έμβολα, δηλαδή, είναι πνευματικά.

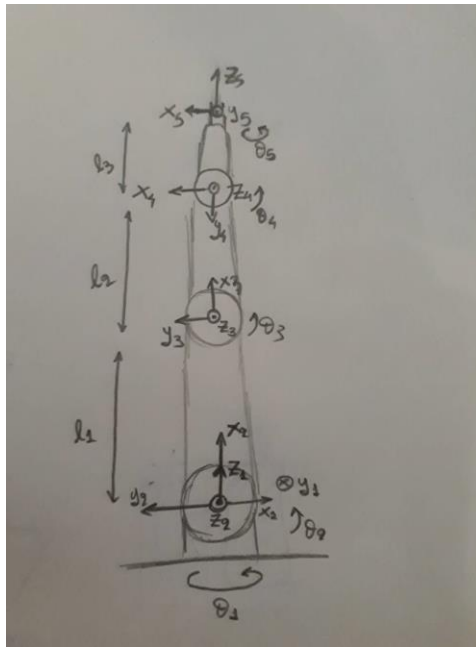
Έχουμε αναλύσει τα στοιχεία που περιλαμβάνει η διάταξη μας αυτή θα εξηγήσουμε τώρα τόσο τα συστήματα συντεταγμένων στα οποία «υπακούει» και κινείται ο βραχίονας μας όσο τους τρόπους μετακίνησης του από το ένα σημείο στο επόμενο.

Υπάρχουν 3 συστήματα συντεταγμένων που βοηθούν στην κίνηση μας από το ένα σημείο στο επόμενο. Το 1^ο είναι το world. Με βάση αυτό το ρομπότ διατηρεί το gripper σταθερό και το μετακινεί το ζητούμενο κομμάτι που θέλουμε ως προς το σύστημα αξόνων xyz κατά όσα χιλιοστά ορίσουμε στο πρόγραμμά μας. Το 2^ο είναι το axis που λειτουργεί σε κάθε άρθρωση (joint space) που έχουμε. Δίνουμε έτσι εντολές να γίνει περιστροφή στην άρθρωση που θέλουμε κατά έναν αριθμό μοιρών προσέχοντας πάντα ποια είναι η θετική και ποια η αρνητική φορά της εκάστοτε περιστροφής μας. Τέλος, έχουμε και το tool που είναι στο gripper. Είναι το σύστημα συντεταγμένων που βρίσκεται εκεί πέρα και θα μετακινήσει το gripper, αναλόγως με το τις εντολές που θα του τοποθετήσουμε, σύμφωνα με αυτό το σύστημα. Επακόλουθο είναι ότι εφόσον θα πάει να μετακινηθεί ο gripper θα αλλάξουν και τα υπόλοιπα στοιχεία του ρομπότ για να πραγματοποιηθεί αυτό. Τα πλεονεκτήματα των δύο πρώτων είναι πως μπορούμε να κάνουμε μεγαλύτερες κινήσεις με το βραχίονά μας, ενώ του τελευταίου είναι πως εύκολα χρησιμοποιείται για πιο λεπτές δουλειές (tuning) όπως π.χ. την είσοδο σε έναν σωλήνα. Στο πείραμα μας το χρησιμοποιήσαμε όποτε είμασταν πάνω από κάποιο σημείο και έπρεπε έπειτα να κατέβουμε και να πιάσουμε ή να αφήσουμε ένα αντικείμενο.

Έχοντας βρει τα διάφορα σημεία στα οποία πρέπει να είμαστε με τη βοήθεια των παραπάνω συστημάτων χρειαζόμαστε να αναλύσουμε τους τρόπους μετακίνησης για να μη χρειάζεται να προγραμματίζουμε κάθε φορά ολόκληρη την κίνηση του ρομπότ καθώς όλα επαναλαμβάνονται. Έχουμε, λοιπόν, 3 τρόπους μετακίνησης. Ο 1^{ος} ονομάζεται arc και με αυτόν δεν ασχοληθήκαμε καθόλου στο πείραμα μας. Όπως προϋποθέτει και το όνομα είναι η μετακίνηση από το ένα σημείο στο επόμενο μέσω ενός τόξου κύκλου που τα ενώνει. Ο 2^{ος} τρόπος ονομάζεται line. Ενώνει τα σημεία με ένα ευθύγραμμο τμήμα και λύνει την κινηματική ώστε να καταφέρει να μετακινηθεί το ρομπότ μας από το ένα σημείο στο επόμενο. Ο αλγόριθμος πίσω από αυτή την κίνηση είναι η εύρεση μιας ευθείας, ο διαχωρισμός της σε μικρούς στόχους, η επιλογή του κάθε στόχου και η εύρεση του ανάστροφου κινηματικού για την εύρεση των γωνιών για να ακολουθήσουμε ένα μονοπάτι για να πάμε στο τελικό σημείο. Τέλος έχουμε το point-to-point. Σε αυτό γνωρίζουμε ποια θέλουμε να είναι η αρχική και ποια η τελική θέση και λύνουμε το ανάστροφο κινηματικό χωρίς όμως να ξέρουμε ποιο είναι το μονοπάτι που μας μετέφερε από το ένα σημείο στο άλλο. Όπως μπορούμε εύκολα να καταλάβουμε έχουμε πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα στους δύο τελευταίους τρόπους μετακίνησης. Το line μας βοηθάει να ξέρουμε τον τρόπο με τον οποίο μεταβαίνουμε από το ένα σημείο

στο επόμενο, όμως επειδή έχουμε πολλές θέσεις υπολογισμού για να έχουμε αυτή τη μεγαλύτερη ακρίβεια αποκτούμε ταυτοχρόνως και μεγαλύτερη πολυπλοκότητα. Από την άλλη το point-to-point έχει το θετικό ότι το ανάστροφο κινηματικό χρειάζεται να υπολογιστεί μόνο 2 φορές (μια για την αρχική και μια για την τελική θέση) και άρα είναι πιο γρήγορο, όμως στην περίπτωση που έχουμε κοντά εμπόδια υπάρχει ο κίνδυνος να πέσουμε πάνω σε αυτά καθώς δεν εξετάζουμε το μονοπάτι και να προσέχουμε ό,τι υπάρχει γύρω από το ρομπότ.

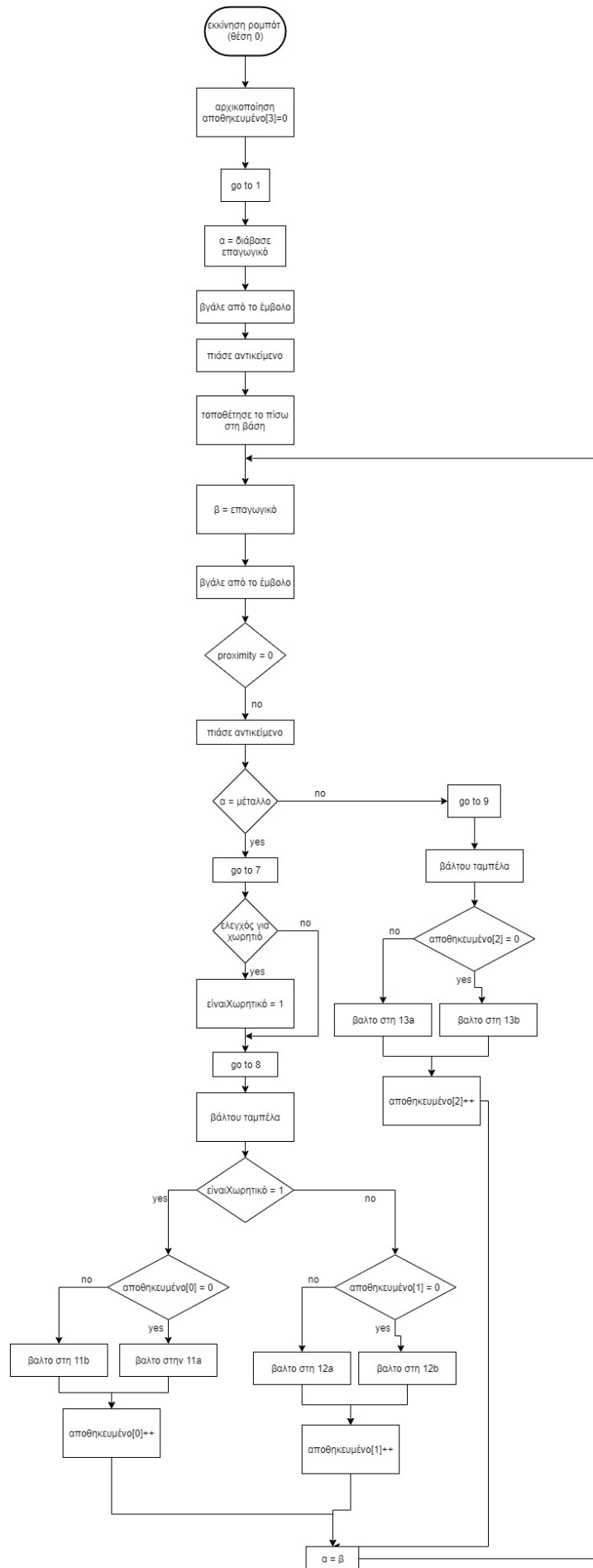
Όσο εξηγούσαμε την κίνηση μεταξύ δύο σημείων του ρομπότ είπαμε για το ορθό και το ανάστροφο κινηματικό. Για το ορθό κινηματικό γνωρίζουμε τις γωνίες που έχουν οι άξονες και έπειτα υπολογίζουμε ποια είναι η θέση του τελικού σημείου δράσης και γι' αυτό και έχουμε πάντα μια λύση. Το ανάστροφο κινηματικό από την άλλη επειδή από το σημείο δράσης υπολογίζουμε τις θέσεις που μπορούν να μας πάνε σε αυτό μπορούμε να έχουμε πολλές (π.χ. elbow up, elbow down για να είμαστε σε ένα σημείο του χώρου), μία (όταν βρισκόμαστε σε σημείο μέγιστης έκτασης του βραχίονα) ή καμία (όταν το σημείο στο οποίο θέλουμε να καταλήξουμε είναι εκτός του workspace, έχουμε εμπόδιο ή δεν μπορεί να το φτάσει ο βραχίονας μας) λύση.



Από πάνω σχηματικά το ρομπότ με τους άξονες περιστροφής του. Και κάτω ο πίνακας που προκύπτει μέσω του αλγορίθμου Denavit-Hartenberg.

	a_i	a_i	d_i	θ_i
1	0	0	0	θ_1
2	0	l_1	0	$\theta_2 + 90^\circ$
3	0	l_2	0	θ_3
4	90°	0	0	$\theta_4 + 90^\circ$
5	0	0	l_3	θ_5

Στην επόμενη σελίδα φαίνεται το διάγραμμα ροής για τη λειτουργία του ρομπότ:



Ο ψευδοκώδικας για τη λειτουργία του ρομπότ:

```
Εκκίνηση ρομπότ(θέση 0);
Αρχικοποίηση αποθηκευμένο[3] = 0; //πόσα στοιχεία έχουμε από το κάθε είδος
p2p 1; //πήγαινε στο σημείο 1
α = διάβασε επαγωγικό;
βγάλε αντικείμενο με έμβολο;
line 2;
line 3; //για να μαζέψει το αντικείμενο
line 2;
line A;
line B; //να αφήσει το αντικείμενο πίσω στη βάση
line 2;
while (true){
    β = διάβασε επαγωγικό;
    βγάλε αντικείμενο με έμβολο;
    if (proximity == 0) break;
    line 3;
    line 2;
    if (a == μεταλλικό) {
        line 4;
        line 5; //έλεγχος μιας μεριάς
        if (χωρητικό == 1) ειναιΧωρητικό = 1;
        else { //έλεγχος 2ης μεριάς
            line 4;
            line 6;
            if (χωρητικό == 1) ειναιΧωρητικό = 1;
        }
        line 4;
        p2p 7; // θεωρώ ότι έχω χώρο για να το κάνω
        line 8;
        βάλτου ετικέτα; //χρήση αντίστοιχου εμβόλου
        line 7;
        line 10;
        if (ειναιΧωρητικό == 1) {
            if (αποθηκευμένο[0] == 0) line 11a;
            else line 11b;
            αποθηκευμένο[0]++;
        }
        else {
            if (αποθηκευμένο[1] == 0) line 12a;
            else line 12b;
            αποθηκευμένο[1]++;
        }
    }
    else {
        p2p 7;
        line 9;
        βάλτου ετικέτα; //χρήση αντίστοιχου εμβόλου
        line 7;
        line 10;
        if (αποθηκευμένο[2] == 0) line 13a;
        else line 13b;
        αποθηκευμένο[2]++;
    }
    line 10;
    line 2;
    α = β; //για να επεξεργαστούμε το αντικείμενο που διαβάσαμε πριν
```

```
}  
line 0; //τελειώνει στην αρχική θέση  
Τέλος
```

Παρακάτω φαίνεται η εικόνα με τα σημεία που χρησιμοποιήσαμε για τον αλγόριθμο του της τοποθέτησης των αντικειμένων:

