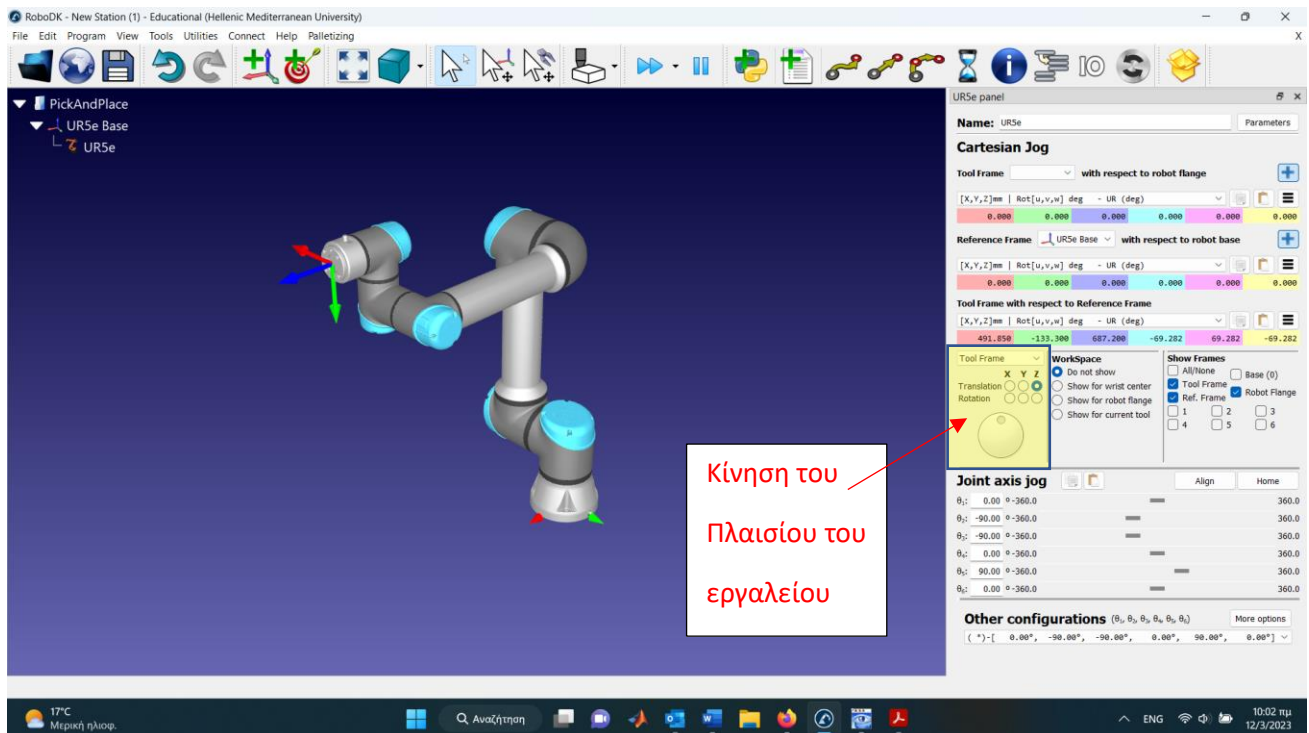


Ένας απλός σταθμός εργασίας – Pick and Place

1. Εισαγωγή βραχίονα

Ανοίξετε ένα νέο αρχείο και ονομάστε το **PickAndPlace**.

Κατεβάστε από την βιβλιοθήκη τον βραχίονα UR5e : **Open robot library** -> Αναζήτηση στην κατηγορία "Robots" με το όνομα του βραχίονα -> **Open**. Ο βραχίονας εμφανίζεται στο περιβάλλον του RoboDK. (Το αρχείο που περιέχει τον βραχίονα «κατεβαίνει» από την ιστοσελίδα της εταιρείας, οπότε αν η σύνδεση στο διαδίκτυο είναι αργή, ενδεχομένως να καθυστερεί η εμφάνιση).



Στο περιβάλλον εργασίας, πρέπει να μπορείτε τώρα να διακρίνετε (πάνω αριστερά) : Το όνομα του σταθμού που δώσατε (PickAndPlace), το σύστημα συντεταγμένων – στο εξής αντί του «σύστημα συντεταγμένων» θα λέμε : πλαίσιο, *frame* - (UR5e Base) που δημιουργεί το ίδιο το περιβάλλον και που ταυτίζεται με το πλαίσιο που ο κατασκευαστής του βραχίονα έχει «τοποθετήσει» στην βάση του βραχίονα, καθώς και το όνομα του ίδιου του βραχίονα. Παρατηρήστε ότι στο άκρο (φλάντζα, flange) του βραχίονα εμφανίζεται ένα ακόμη πλαίσιο, που και πάλι ταυτίζεται με αυτό που ο κατασκευαστής έχει τοποθετήσει στην φλάντζα του βραχίονα.

2. Κινήσεις του εικονικού βραχίονα

Οποιοδήποτε πρόγραμμα κι αν επιχειρήσει κανείς να γράψει, πρέπει να είναι σε θέση να κινήσει τον βραχίονα σε επιθυμητά σημεία στο χώρο και μάλιστα με τον σωστό προσανατολισμό. Στο περιβάλλον RoboDK οι θέσεις αυτές ονομάζονται *targets* (στόχοι).

Διπλό κλικ στο όνομα του βραχίονα -> Στα δεξιά της οθόνης ανοίγει ένα παράθυρο με πληροφορίες για τον βραχίονα καθώς και τρόπους να κινηθεί.

- ➔ Κινήστε κάθε μια άρθρωση χωριστά (Joint Axis Jog). Πατώντας “Home” ο βραχίονας πηγαίνει πάντα σε συγκεκριμένη θέση όπου η εξάδα των γωνιών των αρθρώσεων είναι (0, -90, -90, 0, 90,0).

Κινήσεις ως προς (κατά τους άξονες) διαφόρων πλαισίων αναφοράς – Cartesian Jog.

Στο παράθυρο με τις πληροφορίες για τον βραχίονα, διερευνούμε την περιοχή κάτω από τον τίτλο **Cartesian Jog**.

Οποιοσδήποτε ρομποτικός χειριστής, για να κάνει κάτι χρήσιμο, χρειάζεται ένα εργαλείο (tool) τοποθετημένο στην φλάντζα του. Ο προγραμματισμός διευκολύνεται τα μέγιστα αν θωρήσει κανείς ένα πλαίσιο (Tool Reference Frame ή απλώς Tool Frame) τοποθετημένο στο σημείο που «επενεργεί» το εργαλείο (Tool Center Point, TCP). Π.χ. σε ένα πιστόλι συγκόλλησης στο σημείο που γίνεται η συγκόλληση.

Το παράθυρο που είμαστε, δίδει στην αρχή του την θέση και προσανατολισμό του πλαισίου του εργαλείου σε σχέση με το πλαίσιο της φλάντζας : Tool frame with respect to robot flange. Πρόκειται για τους 6 αριθμούς (τρεις μετατοπίσεις και τρεις γωνίες στροφής) που βρίσκονται σε έγχρωμα πλαίσια. Δεδομένου ότι δεν έχουμε ακόμη εισάγει κάποιο εργαλείο, το πλαίσιο του εργαλείου ταυτίζεται με αυτό της φλάντζας, οπότε εύκολα καταλαβαίνει κανείς το νόημα των μηδενικών που εμφανίζονται.

Ακολουθεί η θέση και προσανατολισμός κάποιου από τα πλαίσια που χρησιμοποιούνται σε σχέση με το πλαίσιο της βάσης του ρομπότ. Έτσι καταλαβαίνει κανείς την επόμενη εξάδα έγχρωμων μηδενικών.

Η τρίτη έγχρωμη εξάδα, αφορά την θέση και προσανατολισμό το πλαισίου του εργαλείου σε σχέση με το πλαίσιο που έχουμε επιλέξει ως Reference frame – στην περίπτωσή μας το μοναδικό που υπάρχει προς το παρόν, δηλαδή το πλαίσιο βάσης. Εδώ οι εξάδα των αριθμών φαίνεται παράξενη. Οι τρεις πρώτοι, είναι οι συντεταγμένες της αρχής του πλαισίου του εργαλείου ως προς το πλαίσιο βάσης. Οι τρεις επόμενοι είναι οι γωνίες στροφής του πλαισίου του εργαλείου ως προς το πλαίσιο βάσης. Όσο παράξενοι κι αν φαίνονται οι αριθμοί αυτοί, έχουν νόημα. Στο θεωρητικό μέρος του μαθήματος θα πρέπει να είστε σε θέση να τους υπολογίσετε..

Με την βοήθεια του αμέσως επόμενου τμήματος του παραθύρου, μπορούμε να κινήσουμε (μεταφορά + περιστροφή) το πλαίσιο του εργαλείου, με πολύ πιο «έξυπνο» τρόπο σε σχέση με την κίνηση κάθε μιας άρθρωσης χωριστά.

Φέρτε τον βραχίονα στην θέση Home.

Κινήστε το πλαίσιο του εργαλείου (δείτε προηγούμενη εικόνα).

- ➔ Επιλέξτε οι κινήσεις να γίνουν πρώτα ως προς το πλαίσιο της βάσης του βραχίονα (Robot Base).

Κάντε πρώτα μεταφορές (translations) ως προς τους άξονες X,Y,Z του πλαισίου της βάσης -> Επιλέγουμε κάποιο άξονα X,Y,Z από τα translations και περιστρέφουμε το κουμπί . Βεβαιωθείτε ότι καταλαβαίνετε αυτό που βλέπετε. Δείτε ας πούμε ότι όταν κάνουμε μεταφορική κίνηση ως προς τον άξονα Y (πράσινο), η αρχή του πλαισίου του εργαλείου κινείται παράλληλα στον άξονα Y του πλαισίου της βάσης και η ακριβής του θέση ως προς αυτό φαίνεται να αλλάζει – πράσινο κουτάκι της τρίτης έγχρωμης εξάδας.

Κάντε στην συνέχεια περιστροφές (rotations) ως προς το πλαίσιο βάσης.

Αν επιθυμεί να «τοποθετήσει» κανείς το πλαίσιο του εργαλείου σε συγκεκριμένη θέση και προσανατολισμό ως προς το πλαίσιο βάσης (ή οποιοδήποτε άλλο πλαίσιο), τότε μπορεί να εισάγει την εξάδα των αριθμών

που περιγράφουν αυτή την τοποθέτηση, κατ' ευθείαν στην τρίτη έγχρωμη εξάδα του παραθύρου. *Δοκιμάστε μια τέτοια εξάδα και δείτε αν μπορείτε να ερμηνεύσετε την θέση που πήρε το εργαλείο.*

- ➔ Επιλέξτε στη συνέχεια οι κινήσεις να γίνουν ως προς το πλαίσιο του ίδιου του εργαλείου (Tool Frame).

3. Τοποθέτηση εργαλείου.

Για να κάνει κάτι χρήσιμο ο βραχίονας πρέπει να διαθέτει κάποιο εργαλείο τοποθετημένο στην φλάντζα του. Μπορεί κανείς να δημιουργήσει ένα ψηφιακό 3D μοντέλο του πραγματικού εργαλείου που θα χρησιμοποιήσει και να το εισάγει στο RoboDK προκειμένου τόσο η προσομοίωση, όσο κυρίως το πραγματικό πρόγραμμα για τον βραχίονα που θα προκύψει από αυτήν να δουλεύει σωστά.

- ➔ Κατεβάστε από την βιβλιοθήκη την βεντούζα κενού της εταιρείας RobotiQ (με το ένα cup) : **Open robot library** -> Αναζήτηση με την λέξη κλειδί "vacuum" -> **Open**.

Το εργαλείο-βεντούζα εμφανίζεται στο περιβάλλον του RoboDK και μάλιστα τοποθετημένο στην φλάντζα του βραχίονα. Μαζί με αυτό εμφανίζεται και ένα νέο πλαίσιο - το πλαίσιο του συγκεκριμένου εργαλείου.

Μπορεί κανείς να παρατηρήσει, ότι στο παράθυρο με τα χαρακτηριστικά του βραχίονα, στην θέση «Tool frame» εμφανίζεται το όνομα του εργαλείου. Μπορεί επίσης να δει την θέση και προσανατολισμό του πλαισίου του εν λόγω εργαλείου ως προς το πλαίσιο της φλάντζας – είναι απλώς μετατοπισμένο +130 mm ως τον άξονα Z του πλαισίου της φλάντζας.

Οι Cartesian Jog κινήσεις στο εξής θα αφορούν το πλαίσιο του εργαλείου.

4. Τοποθέτηση εικονικού τραπέζιού εργασίας

4.1 Εισαγωγή-ορισμός πλαισίου αναφοράς

Το περιβάλλον RoboDK δίδει την δυνατότητα να ορίσει κανείς όσα δικά του πλαίσια θεωρεί ότι του είναι χρήσιμα για την εργασία που θέλει να κάνει. Η χρήση επί πλέον πλαισίων, ενώ δεν είναι απαραίτητη για απλές εργασίες, διευκολύνει αφάνταστα τον προγραμματισμό όταν η εργασία είναι πολύπλοκη. Στην εργασία μας θα χρησιμοποιήσουμε ένα τέτοιο πλαίσιο.

- ➔ Από το μενού «Program» ή από το σχετικό εικονίδιο : **Add a Reference Frame**

Αριστερά πάνω, στο «δένδρο» της δομής του προγράμματος, εμφανίζεται «Frame 2». Μετονομάστε το (δεξί κλικ...) σε «PickFrame». Διπλό κλικ στο όνομα και ανοίγει παράθυρο με τις «λεπτομέρειες» (Frame details) του εν λόγω πλαισίου. Αλλάξτε την θέση του ως προς την βάση του ρομπότ, πληκτρολογώντας τις τιμές (500, -400, 200, 0, 0, 0) στην έγχρωμη εξάδα αριθμών.

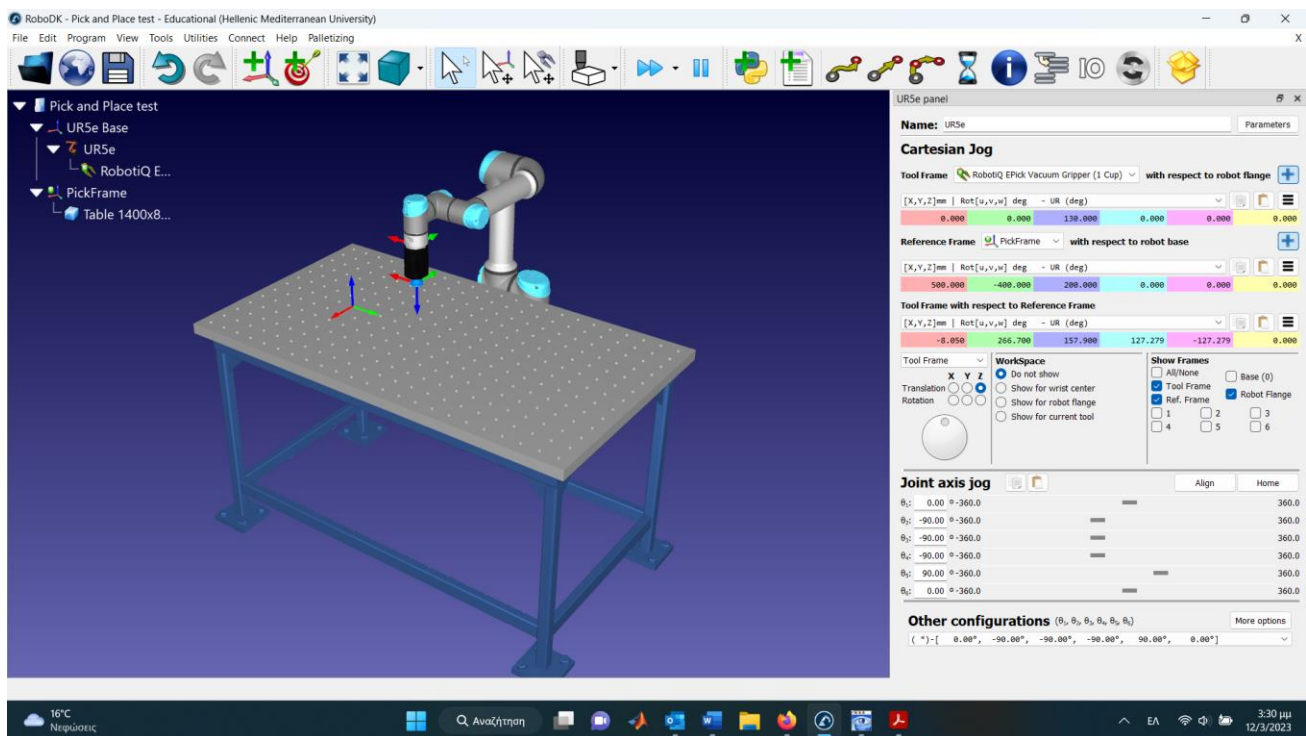
4.2 Εισαγωγή εικονικού τραπέζιού

- ➔ Κατεβάστε από την βιβλιοθήκη το τραπέζι διαστάσεων (1400x800x800) : **Open robot library** -> Αναζήτηση με την λέξη κλειδί "table" -> **Open**.

Το τραπέζι, ως αντικείμενο (object), εμφανίζεται στην οθόνη και συγχρόνως πάνω αριστερά φαίνεται το όνομά του συνδεδεμένο/κάτω από το PickFrame. Αυτό συνέβη επειδή το εν λόγω πλαίσιο, ως τελευταίο που τοποθετήθηκε, ήταν το ενεργό (Active) πλαίσιο. Αυτό ακόμη σημαίνει, ότι αν αλλάξει θέση το πλαίσιο PickFrame, θα παρασύρει μαζί του και το τραπέζι.

- ➔ Αλλάξτε τον προσανατολισμό του τραπέζιου : Διπλό κλικ στο τραπέζι -> Ανοίγει το παράθυρο των λεπτομερειών του τραπέζιου - > Αλλάζουμε την θέση του ως προς το PickFrame σε (0,0,0,0,90).
- ➔ Κάντε διπλό κλικ στον βραχίονα για να ανοίξει το παράθυρο χειρισμού του. Πατήστε “Home”. Δώστε στην συνέχεια την τιμή -90 στην τέταρτη άρθρωση.

Η εικόνα του περιβάλλοντος εργασίας, πρέπει τώρα να μοιάζει με την παρακάτω :



5. Ένα απλό πρόγραμμα Pick and Place

Τοποθετήστε ένα (εικονικό) κουτί στον σταθμό εργασίας σας : **Load file** (από τα αρχεία που έχουν εγκατασταθεί στον υπολογιστή σας) **box.sld**. Το κουτί έχει τοποθετηθεί στην αρχή του ενεργού πλαισίου (Pick Frame).

5.1 Υποπρόγραμμα για το πιάσιμο (Pick)

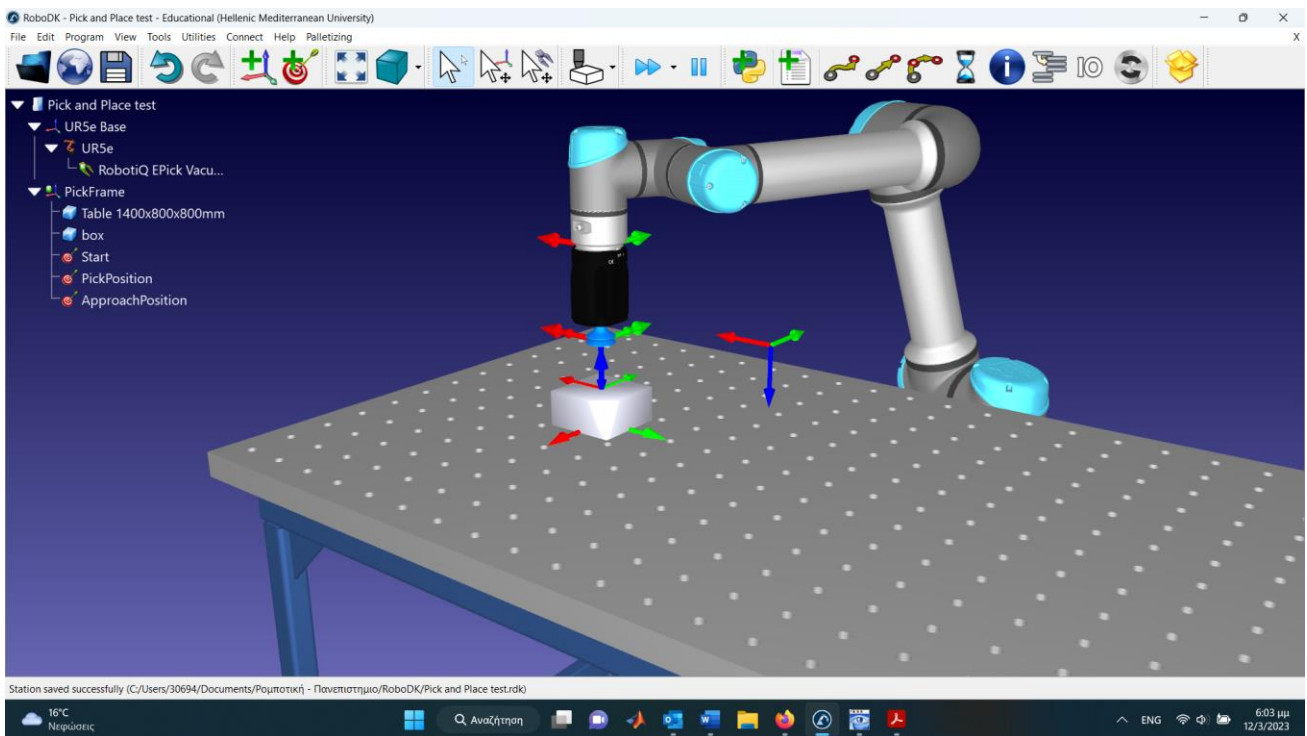
Ορίστε τρεις στόχους (targets) :

Ένα από τον οποίο θα ξεκινά το πρόγραμμα. Ας είναι η τρέχουσα θέση του βραχίονα. Πατάμε το σχετικό εικονίδιο και η λέξη Target1 εμφανίζεται πάνω αριστερά στο «δένδρο» του προγράμματος. Τον μετονομάζουμε σε Start.

Ένα στην θέση πιασίματος του αντικειμένου (box) που θέλουμε να χειρισθούμε. Ανοίγουμε το παράθυρο του βραχίονα. Στην εξάδα Tool frame with respect to Reference Frame, δίνουμε τιμές 0,0,0 στους τρεις πρώτους αριθμούς, ενώ τους άλλους αφήνουμε όπως είναι. Αυτό σημαίνει ότι το κέντρο του εργαλείου θα τοποθετηθεί στην αρχή του πλαισίου PickFrame, εκεί δηλαδή που έχει τοποθετηθεί και το εικονικό κουτί, ο δε προσανατολισμός του εργαλείου δεν θα αλλάξει – η βεντούζα είναι κάθετη στο επίπεδο του τραπέζιου. Αλλάζουμε τώρα την τιμή του τρίτου αριθμού (μετατόπιση στον άξονα Z), Με την τιμή 50 mm, η βεντούζα έχει έλθει στην θέση «πιασίματος». Στην θέση αυτή δημιουργούμε ένα νέο στόχο και τον μετονομάζουμε PickPosition.

Ένα μετατοπισμένο σε σχέση με τον προηγούμενο, πιο πάνω κατά τον άξονα Z, έστω κατά 70 mm. Όπως και πριν, απλώς δίνουμε την τιμή 120 mm στον άξονα Z. Μετονομάστε το σε *ApproachToPick*.






Στην οθόνη σας πρέπει να υπάρχει τώρα, κάτι σαν και αυτό της επόμενης εικόνας :



Δημιουργούμε ένα απλό προγραμματάκι το οποίο θα κινεί τον βραχίονα ως εξής :

Όπου κι αν είσαι κινήσου στο *Start* -> *ApproachToPick* (και στην συνέχεια με κινήσεις επί ευθείας)-> *PickPosition*-> (περίμενε για 1 s) -> *ApproachToPick*.

Δημιουργία προγράμματος :

- ➔ Σχετικό εικονίδιο ή μενού Program-> **Add Program.**
- ➔ Κλικ στον στόχο *Start* και αμέσως μετά κλικ το εικονίδιο  (Joint movement)
- ➔ Κλικ στον στόχο *ApproachToPick* και αμέσως μετά κλικ το εικονίδιο .
- ➔ Κλικ στον στόχο *PickPosition* και αμέσως μετά κλικ το εικονίδιο  (κίνηση επί ευθείας)
- ➔ Κλικ στο εικονίδιο  - περίμενε για κάποιο χρόνο στην θέση αυτή.
- ➔ Κλικ στον στόχο *ApproachToPick* και αμέσως μετά κλικ το εικονίδιο  (κίνηση επί ευθείας)

Μετονομάσετε το προγραμματάκι σε *PickProg*.

Δείτε το πρόγραμμα να εκτελείται με διπλό κλικ στο *PickProg*.

5.2 Υποπρόγραμμα για την τοποθέτηση του αντικείμενου σε άλλο σημείο (Place)

Θα δημιουργήσουμε δύο νέους στόχους : Ένα στον οποίο ο βραχίονας προσεγγίζει την θέση που θα αφήσει το αντικείμενο (*ApproachToPlace*) και ένα στον οποίο αφήνει το αντικείμενο (*Place*).






- ➔ Κινούμε τον βραχίονα στον στόχο *ApproachToPick* (με κλικ στο όνομα του στόχου).
- ➔ Ανοίγουμε το παράθυρο χειρισμού του βραχίονα (με διπλό κλικ στον βραχίονα ή στο όνομά του).

- ➔ Κινούμε τον βραχίονα με Cartesian Jog. Επιλέγουμε η κίνηση να γίνει ως προς το Reference Frame (που εν προκειμένω πρέπει να είναι το PickFrame) και κινούμε κατά τον άξονα X και Y μόνο (ώστε η βεντούζα να μείνει στο ίδιο ύψος και να μην αλλάξει ο προσανατολισμός της), μέχρι μια θέση που μας αρέσει για να αφήσουμε το αντικείμενο. Δημιουργούμε εκεί τον στόχο ApproachToPlace .
- ➔ Από την προηγούμενη θέση κινούμε τώρα μόνο κατά τον άξονα Z προς τα κάτω όσο πρέπει και δημιουργούμε ένα ακόμη στόχο τον οποίο ονομάζουμε Place.

Δημιουργούμε ένα απλό προγραμματάκι το οποίο θα κινεί τον βραχίονα ως εξής (όλες οι κινήσεις επί ευθείας) :

ApproachToPlace->Place (περίμενε για 1 s) -> ApproachToPlace->Start.

Δημιουργία προγράμματος :

- ➔ Σχετικό εικονίδιο ή μενού Program-> **Add Program.**
- ➔ Κλίκ στον στόχο ApproachToPlace και αμέσως μετά κλίκ το εικονίδιο  (κίνηση επί ευθείας)
- ➔ Κλίκ στον στόχο Place και αμέσως μετά κλίκ το εικονίδιο  (κίνηση επί ευθείας)
- ➔ Κλίκ στο εικονίδιο  - περίμενε για κάποιο χρόνο στην θέση αυτή.
- ➔ Κλίκ στον στόχο ApproachToPlace και αμέσως μετά κλίκ το εικονίδιο  (κίνηση επί ευθείας)
- ➔ Κλίκ στον στόχο Start και αμέσως μετά κλίκ το εικονίδιο  (κίνηση επί ευθείας)

Μετονομάσετε το προγραμματάκι σε **PlaceProg.**

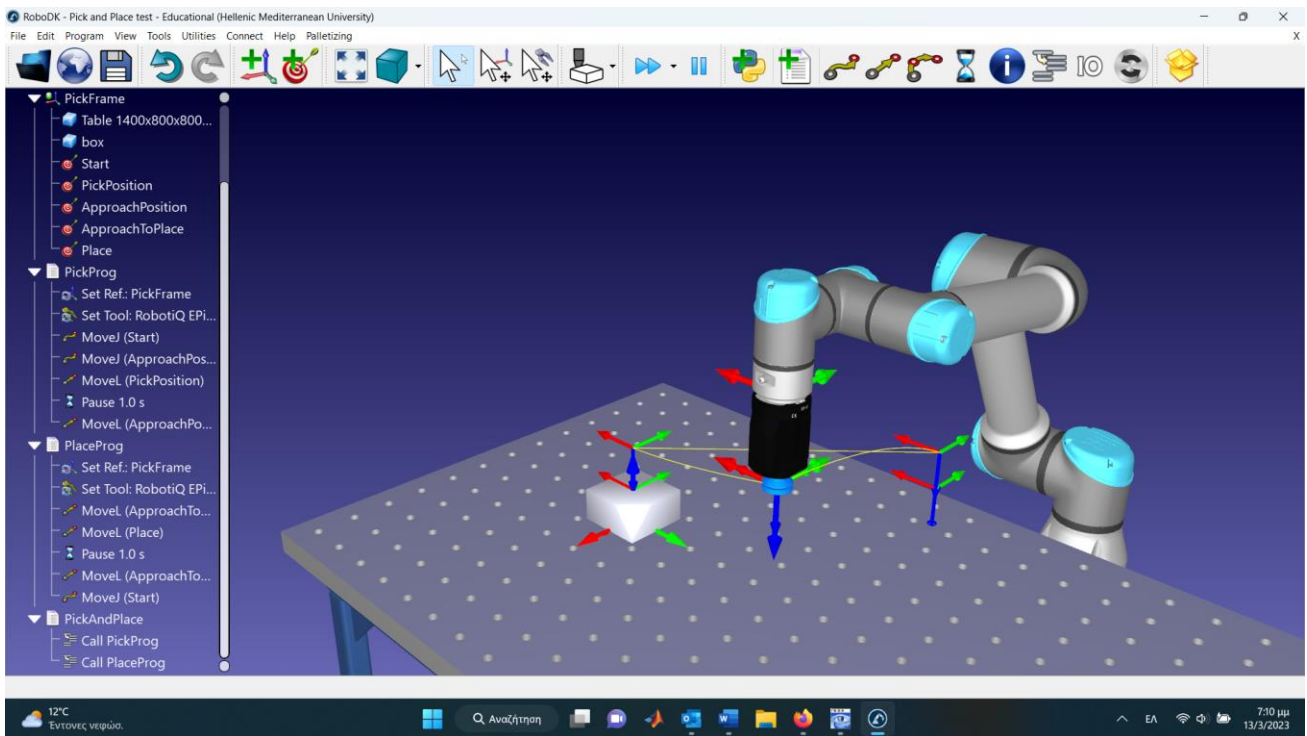
Δείτε το πρόγραμμα να εκτελείται με διπλό κλικ στο PlaceProg.

5.3 Ολόκληρο το πρόγραμμα PickAndPlace

Δώστε την εντολή ProgramCall (είτε από το σχετικό εικονίδιο είτε από το μενού Program). Στο παράθυρο που ανοίγει γράψτε τα υποπαραγράμματα που έχετε δημιουργήσει : PickProg, PlaceProg.

Μετονομάστε το MainProgram που έχει δημιουργηθεί σε **PickAndPlace.** Διπλό κλικ και δείτε το συνολικό πρόγραμμα να τρέχει.

Στην οθόνη του υπολογιστή σας πρέπει να φαίνεται κάτι σαν το παρακάτω :



Προσθήκη ανιχνευτή ύπαρξης κουτιού και εξόδου που αναγγέλλει ότι έχω φτάσει και αφήνω.